



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROYECTO FINAL DE CARRERA

TITULO DEL PFC: Análisis de aplicaciones en entornos de seguridad y emergencias en red TETRA

TITULACION: Ingeniería de Telecomunicación (segundo ciclo)

AUTOR: Esther Martín Serrano

DIRECTOR: Eduard Sanz López

SUPERVISOR: Luis Alonso Zárate

FECHA: 24 de febrero de 2006

Título: Análisis de aplicaciones en entornos de seguridad y emergencias en red TETRA

Autor: Esther Martín Serrano

Director: Eduard Sanz López

Supervisor: Luis Alonso Zárate

Fecha: 24 de febrero de 2006

Resumen

Aparte de los servicios de voz y mensajes cortos SDS, sobre TETRA se pueden ofrecer otros servicios de datos y aplicaciones que utilizan la conectividad IP o el servicio portador SDS. Con objeto de mostrar a clientes estas ventajas existen una serie de aplicaciones que podemos agrupar en aplicaciones de control y monitorado de tráfico, gestión de comunicaciones y aplicaciones finales de usuario.

Aunque estamos asistiendo a un gran crecimiento de las aplicaciones de datos en movilidad, las redes que están sufriendo un gran desarrollo en este ámbito son GSM/GPRS y UMTS/3G. Estas redes no ofrecen la disponibilidad y seguridad necesaria para cierto tipo de usuarios, por lo que existen otro tipo de redes privadas destinadas exclusivamente al uso profesional. Este proyecto abordará algunas de las principales dificultades de conectividad de las aplicaciones de datos con redes de tecnología TETRA, así como los requerimientos y funcionalidades que son necesarias para los usuarios de entornos de seguridad y emergencias.

La conclusión de este proyecto permitirá orientar las líneas maestras de desarrollo de aplicaciones en este tipo de entornos.

Title: Analysis of applications for TETRA networks in security and emergency environments

Author: Esther Martin Serrano

Director: Eduard Sanz López

Supervisor: Luis Alonso Zárate

Date: February, 24th 2006

Overview

Besides the voice services and SDS short messages, TETRA has other data services and applications that use IP connections and SDS carrier service. There are a series of applications we can use to show clients these advantages, which can put in the following groups: control applications and traffic monitoring, communications management and users' final applications.

Even though there is a considerable growth of mobile data applications, the networks which are actually developing in this field are GSM/GPRS and UMTS/3G. These networks do not offer certain users the availability and safety they require, so other private networks for professional use exist.

This project will approach the main connection difficulties data applications experience with TETRA networks as well as the requirements and functions users need as regards security and emergencies. The conclusions may influence the main lines of the development of applications in these fields.

INDICE

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVOS Y MOTIVACIONES	1
1.3. DESCRIPCIÓN CONTENIDO DEL PROYECTO.....	2
CAPITULO 2. ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS MÓVILES EN ENTORNOS DE SEGURIDAD Y EMERGENCIAS	3
2.1. INTRODUCCIÓN TENDENCIAS ACTUALES	3
2.1.1 <i>En comunicaciones móviles</i>	3
2.1.2 <i>En entornos de Seguridad y Emergencias</i>	5
2.2. COMPARACIÓN TECNOLOGÍAS TETRA, GSM, GPRS Y W-CDMA	6
2.1.1 <i>Según eficiencia espectral</i>	6
2.1.2 <i>Según nivel de cobertura</i>	7
2.1.3 <i>Según velocidad de transmisión de datos</i>	7
2.1.4 <i>Según servicios de transmisión de datos</i>	8
2.1.5 <i>Según Calidad de Servicio (QoS)</i>	9
2.1.7 <i>Según Handover</i>	11
2.1.8 <i>Conclusión</i>	11
CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS PORTADORES DE DATOS EN TETRA	13
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNICACIONES DEL ENTORNO	13
3.2. PRUEBAS REALIZADAS.....	15
3.2.1 <i>Tipos de pruebas</i>	16
3.2. CONCLUSIONES RESULTADOS OBTENIDOS	22
CAPITULO 4. ESTUDIO DE MERCADO Y CASOS DE APLICACIÓN.....	23
4.1. REDES TETRA EXISTENTES	25
4.2. TENDENCIAS MERCADO TETRA	25
4.3. PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO.....	27
CAPITULO 5. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL SISTEMA	28
5.1. NUEVO SISTEMA PARA VEHÍCULOS DE SEGURIDAD Y EMERGENCIAS.....	28
5.2. FORMULACIÓN DE LAS FUNCIONES.....	31
CAPITULO 6. DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA.....	33
6.1. COMPONENTES DEL SISTEMA.....	33
6.1.1 <i>PC Embedded</i>	33
6.1.2 <i>Modem GSM/GPRS y GPS</i>	34
6.1.3 <i>Controlador CAN-BUS</i>	36
6.1.4 <i>Terminal TETRA</i>	37
6.1.5 <i>Wireless LAN</i>	37
6.1.6 <i>Bluetooth</i>	38
6.1.7 <i>Elementos opcionales</i>	39
6.1.7.1 <i>Conversor de tensión</i>	39
6.1.7.2 <i>Caja metálica</i>	40
6.2. ESQUEMA DE CONEXIÓN	40
6.3. DESARROLLO DE APLICACIONES SOFTWARE.....	42
6.4. VALORACIÓN DE LAS FUNCIONES	44
CAPITULO 7. PLAN ECONÓMICO Y FINANCIERO	45
CAPITULO 8. CONCLUSIONES	47
CAPITULO 9. LÍNEAS FUTURAS E IMPACTO AMBIENTAL.....	49

9.1	LÍNEAS FUTURAS.....	49
9.2	IMPACTO AMBIENTAL.....	50
BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS		51
ANEXOS		53
ANEXO 1. TÉCNICAS DE MULTIACCESO		53
ANEXO 2. SISTEMA TETRA		56
ANEXO 3. TETRA RELEASE 2		72
ANEXO 4. TABLA COMPARATIVA TETRA, GSM, GPRS, Y W-CDMA (FDD)		74
ANEXO 5. PRUEBAS IP		76
<i>A.5.1 Caracterización del canal</i>		<i>76</i>
<i>A.5.2 Aplicaciones estándar</i>		<i>91</i>
<i>A.5.2.1 Acceso a páginas Web.....</i>		<i>92</i>
<i>A.5.2.2. Acceso FTP.....</i>		<i>95</i>
ANEXO 6. TERMINAL MDT- 400		98
<i>A.6.1 Conexión terminal.....</i>		<i>98</i>
ANEXO 7. CONFIGURACIÓN PARÁMETROS DEL SERVICIO DE DATOS EN TETRA		100
ANEXO 8. ESQUEMA DE LOS COMPONENTES		105

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 2.1. Velocidad de transmisión de datos en las diferentes tecnologías	7
Tabla 3.1. Tiempo de adquisición IP en segundos	16
Tabla 3.2. Comparación descarga de ficheros FTP con servidor Filezilla	21
Tabla 4.1. Mercado de proyectos a nivel mundial	25
Tabla 6.1. Valoración de las funciones en %	44
Tabla 7.1. Inversión necesaria en componentes	45
Tabla 7.2. Inversión total según costes de I+D y comercialización	45
Tabla 7.3. Previsiones económicas	46
Fig. 2.1 Mapa de Actuación mundial de los grupos 3GPP Y 3GPP2.....	4
Fig. 2.2 Evolución de las tecnologías hacia 4G [Fuente: Ericsson].....	5
Fig. 2.3 Estructura TDMA de TETRA	6
Fig. 3.1 Topología del escenario	14
Fig. 3.2 Escenario de las pruebas.....	15
Fig. 3.3 Comportamiento de los terminales en la zona 3 en modo subida	17
Fig. 3.4 Comportamiento de las pérdidas en la zona 3 en modo subida.....	18
Fig. 3.5 Comportamiento de los terminales en la zona 2 en modo subida	19
Fig. 3.6 Tiempo para descarga ficheros HTML con un navegador Web	20
Fig. 3.7 Descarga de ficheros TXT	21
Fig. 4.1 Comunicaciones móviles inalámbricas	23
Fig. 4.2 Evolución número contratos de redes TETRA	23
Fig. 4.3 Mapas de los 788 contratos TETRA en 77 países. [Fuente: Tetra Mou Diciembre 2005].....	24
Fig. 4.4 Contratos TETRA por región [Fuente: Tetra Mou, año 2004].....	24
Fig. 4.5 Contratos por sectores [Fuente Tetra Mou, año 2004]	24
Fig. 4.6 Comunicaciones móviles inalámbricas	25
Fig. 4.7 Servicios de datos en TETRA	26
Fig. 5.1 Arquitectura del sistema	28
Fig. 5.2 Visualización flota de camiones bomberos	29
Fig. 5.3 Visualización ubicación caja con componentes comunicación TETRA de dimensiones 500 x 360 x 80 mm (largo x ancho x alto).....	30
Fig. 5.4 Parte trasera del camión con manguera	30
Fig. 6.1 PC embedded CPU-1451 [12].....	33
Fig. 6.2 Modulo GSM-R GPRS/GPS COM-1288-00 [13].....	34
Fig. 6.3 Modulo controlador dual CAN bus COM-1273 PC/104 [14].....	36
Fig. 6.4 Modulo Wireless LAN WLAN17202ER para PC/104 [16].....	38
Fig. 6.5 Modulo BT7110ER-2 para PC/104 [17]	39
Fig. 6.6 Conversor DD 24 - 12 V a 240 W [18]	40
Fig. 6.7 Pila de módulos PC/104	41
Fig. 6.8 Esquema de conexión del sistema	41
Fig. 6.9 Software de configuración FlexiSet. Pantalla del modulo COM-1273 ..	42
Fig. 6.10 Software de configuración CPU-1451	43
Fig. 7.1 Evolución de las ventas	46
Fig. 9.1 Evolución estándar TETRA	49
Fig. 9.2 Esquema evolución del sistema gateway embarcado en vehículos	50

ACRÓNIMOS

1G	First Generation
2G	Second Generation
3G	Third Generation
3GPP	Third-Generation Partnership Project
4G	Four Generation
AIE	Air Interface Encryption
API	Application Programming Interface
CDMA	Code Division Multiple Access
cdmaONE	Interim Standard 95 (IS -95) or TIA -EIA -95
CT2	Cordless Telephony 2
DECT	Digital European Cordless Telecommunications
DWS	Dispatcher Workstation
E2EE	End to End Encryption
ERMES	European Radio Messange System
ETSI	European Telecommunication Standard Institute
FTP	File Transfer Protocol
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HLR	Home Location Register
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
ITU	International Telecommunication Union
MMS	Multimedia Messaging Service
MSC	Mobile Switching Centre
PEI	Peripheral Equipement Interface
PGCU	Packet Gateway Communication Unit
PMR	Professional Mobile Radio
QoS	Quality of Service
SDS	Short Data Services
SDSI	Status and Short Data Service Interface
TBS	Terminal Base Station
TDMA	Time Division Multiple Access
TETRA	Terrestrial trunking radio
ToIP	TETRA over IP
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VLR	Visitor Location Register
VPN	Virtual Private Network
WAP	Wireless Application Protocol
W-CDMA	Widebans Code Division Multiple Access (FDD)
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

CAPITULO 1. Introducción

1.1. Introducción

En los inicios de las comunicaciones móviles casi toda la información enviada era tráfico de voz. En los últimos años, en cambio, el desarrollo de las telecomunicaciones se ha basado en promover un desarrollo sostenible de los servicios de comunicaciones de datos, así como el acceso universal a los mismos, como vehículo de progreso e integración, a fin de mejorar la calidad de vida de la población.

El aumento de la movilidad de las personas debido al crecimiento exponencial económico de los principales países desarrollados, ha generado nuevos requisitos para que esta nueva sociedad obtenga la información tal y como la está exigiendo.

El sistema TETRA (*Terrestrial Trunking Radio*) es un estándar abierto de comunicaciones definido por la ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*) para aplicaciones PMR (*Private Mobile Radio*) y PAMR (*Private Access mobile Radio*) enfocadas fundamentalmente a sectores críticos como son los servicios de seguridad y emergencias (policía, bomberos, ambulancias...) para servicios de voz y datos. Los servicios avanzados de transmisión de datos presentan multitud de aplicaciones de valor añadido, como por ejemplo: telecontrol, consulta de bases de datos, posicionamiento y gestión de flotas, sistemas de telepago, transmisión de archivos, etc. Esto permite crear una gran gama personalizada de productos adaptada a cada uno de los usuarios de servicios TETRA.

1.2. Objetivos y motivaciones

Centrando el estudio en entornos de seguridad y emergencias, el proyecto tiene como objetivo especificar el diseño hardware y software, testear y analizar la viabilidad económica de un sistema que permita la transmisión de datos con conectividad IP sobre TETRA, con independencia de la ubicación del dispositivo transmisor. El entorno de trabajo se realizará en una red de tecnología TETRA de un operador de infraestructuras de telecomunicación.

El gran aumento de las aplicaciones multimedia e intenso uso de Internet ha fomentado soluciones de datos en otros tipos de redes. En cambio, la escasa diversidad de oferta en TETRA provoca, sin duda, una gran necesidad de productos. Los usuarios profesionales de redes TETRA a día de hoy se desarrollan sus propias soluciones. El mercado así está repleto de múltiples soluciones de distintos usuarios con escasas funcionalidades por su alto coste de desarrollo y su bajo retorno al no consolidarse como producto.

El punto de partida de este proyecto residirá en demostrar que el servicio de datos de TETRA es el más adecuado en este tipo de entornos. Identificando

así los principales puntos fuertes y débiles desde el punto de vista de transmisión de datos. Finalmente, la identificación de ámbitos de aplicación y explotación de la solución del sistema IP sobre TETRA, concluirá con la elaboración de un plan económico-financiero para su posible comercialización.

1.3. Descripción contenido del proyecto

En el capítulo 2 se da una visión general de las tendencias de comunicaciones móviles actuales y se presenta un análisis de aquellas que más se podrían adecuar a los entornos móviles de seguridad y emergencias, definiendo sus principales características y comparándolas entre sí. El capítulo así consolida que la mejor tecnología para este sector es la tecnología de trunking digital TETRA, fuente principal de estudio de este proyecto.

En el capítulo 3 se estudia el comportamiento del servicio portador de datos en TETRA. Se introduce un entorno de pruebas con protocolo IP sobre TETRA y se describen una serie de pruebas que ayudan a determinar los puntos fuertes y débiles del mismo, a partir del estudio de ciertos parámetros específicos que determinarán su rendimiento y la viabilidad de integración de diferentes tipos de aplicaciones.

En el capítulo 4 se realiza un estudio de mercado. El estudio pretende dar a conocer la posición del estándar TETRA en el mercado profesional de seguridad y emergencias. Se enumeran casos de redes en distintos países y caso prácticos de aplicaciones, con tecnología TETRA. Finalmente, se identifica que el servicio de datos IP todavía no está siendo explotado a pesar de pertenecer al estándar.

En el capítulo 5 se realiza un análisis funcional de un posible sistema móvil a nivel hardware y software para el envío de datos con conectividad IP sobre TETRA que cumpla los requerimientos exigidos hoy en día por los entornos de seguridad y emergencias del ámbito nacional. Incluso se realiza un ejemplo, posicionando el sistema en un camión de bomberos, indicando su posible comportamiento en este entorno y posible ubicación.

En el capítulo 6 se presenta el diseño del sistema móvil de envío de datos con conectividad IP sobre TETRA a nivel de hardware y software. Especificando detalladamente su funcionalidad y principales características de los componentes que se podrían emplear.

En el capítulo 7 se plantea una solución económica-financiera del desarrollo del sistema estudiado en el capítulo 6, a nivel aproximado y con la finalidad de ver si la propuesta sería viable, a nivel de comercialización y a nivel de beneficios obtenidos.

El capítulo 8 está dedicado a las conclusiones generales y para finalizar en el capítulo 9 se comentan las líneas futuras de investigación y el impacto ambiental del sistema propuesto.

CAPITULO 2. Análisis de tecnologías móviles en entornos de seguridad y emergencias

2.1. Introducción tendencias actuales

2.1.1 En comunicaciones móviles

Las redes móviles a día de hoy presentan una situación actual caracterizada por la utilización de dos criterios de clasificación: el tipo de generación al que pertenecen (analógica o digital), y el tipo de tecnologías (estándares) que se emplean en los diferentes países (*ver Anexo 1*). Dependiendo del país, es muy habitual que coexistan sistemas pertenecientes a dos o tres generaciones distintas todavía en servicio.

La primera generación de redes móviles corresponde a las comunicaciones basadas en tecnología analógica, centrada en el soporte a los servicios de voz y, ocasionalmente también a los servicios de datos de baja transferencia (por ejemplo, la mensajería). Desde el punto de vista tecnológico, esta generación se caracteriza por estar basada en soluciones propietarias desarrolladas por diferentes suministradores.

La inexistencia de un estándar fue una de las razones que impulsaron el desarrollo de los sistemas 2G (*Second Generation*), especialmente en Europa, caracterizados por la utilización de tecnología de transmisión digital y por el soporte a los servicios de datos con velocidades de transferencia relativamente bajas (desde 9,6 Kbps a 14,4 Kbps). Su estudio y definición se inició a principios de los años 80, y las primeras redes comerciales aparecieron a principios de los años 90. En esta fase se propusieron diferentes estándares para distintos tipos de aplicaciones. De este modo, sólo en Europa, se desarrollaron los siguientes estándares:

- El estándar GSM para telefonía celular
- El estándar DECT y CT2 para telefonía inalámbrica
- El estándar TETRA para telefonía trunking.
- El estándar ERMES para mensajería.
- El estándar MOBITEK para servicios de datos.

En Estados Unidos además surgirían además otros estándares 2G como TDMA y cdmaOne (*TIA-EIA-95*).

La necesidad de unificar distintos sistemas móviles (la mensajería, la telefonía inalámbrica, la telefonía celular y la telefonía móvil vía satélite), para resolver los problemas de compatibilidad entre los estándares de las distintas regiones geográficas y para definir unos sistemas con una eficiencia espectral más alta (ante la que se preveía escasez de espectro a corto plazo), impulsaron la investigación y el desarrollo de los sistemas 3G (*Third Generation*) englobados

en las siglas UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) y la tecnología WCDMA usada en el interfaz aire como UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*).

Lamentablemente este proceso ha resultado lento y finalmente UMTS no ha resultado ser único a nivel mundial. Sus especificaciones han sido definidas por el 3GPP (*Third-Generation Partnership Project*) y por el 3GPP2 [1].

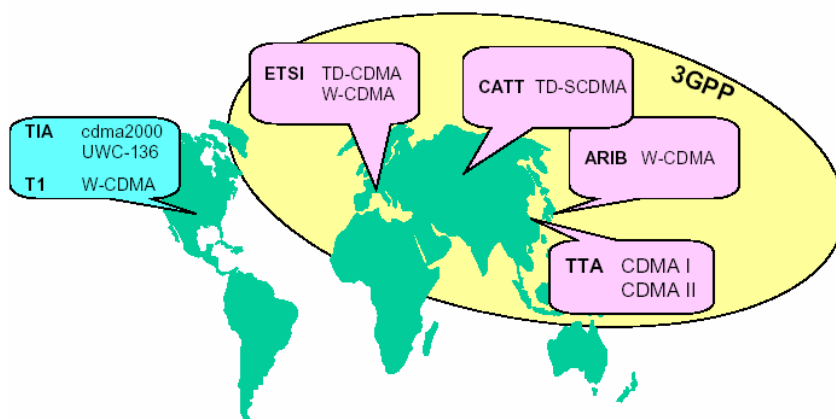


Fig. 2.1 Mapa de Actuación mundial de los grupos 3GPP Y 3GPP2

A día de hoy, después de experimentar graves retrasos en su lanzamiento, debidos a los problemas económicos derivados de los gastos de las licencias de espectro y las fuertes inversiones necesarias en infraestructura de red, las redes 3G están empezando a experimentar el mismo tipo de crecimiento explosivo que se observó con las redes 2G, diez años atrás.

Descrita la situación actual es fácil percibir que las comunicaciones móviles viven un punto de inflexión entre una etapa de fuerte crecimiento en clientes, ingresos y rentabilidad, y una etapa caracterizada por la incertidumbre en las tecnologías, los modelos de negocio y la regulación de los estándares. Lo que hace pensar ya en otro posible salto hacia tecnologías de 4G (*Four generation*) ya que la evolución técnica de los sistemas móviles se dirige a conseguir que soporten simultáneamente mayor velocidad de transferencia y movilidad. Para ello, el enfoque técnico actual se está orientando, más que hacia el desarrollo de nuevas interfaces radio, hacia la convergencia entre los distintos tipos de redes radio que atienden a los servicios y requisitos exigidos. Es decir, no se trataría de desarrollar un nuevo sistema, adicional a los ya existentes, sino más bien buscar soluciones de red que, combinadas con soluciones ya disponibles o disponibles a corto plazo, puedan lograr una red integrada de comunicaciones.

En la figura (*Fig. 2.2*) se representa la visión de Ericsson respecto de esta posible evolución.

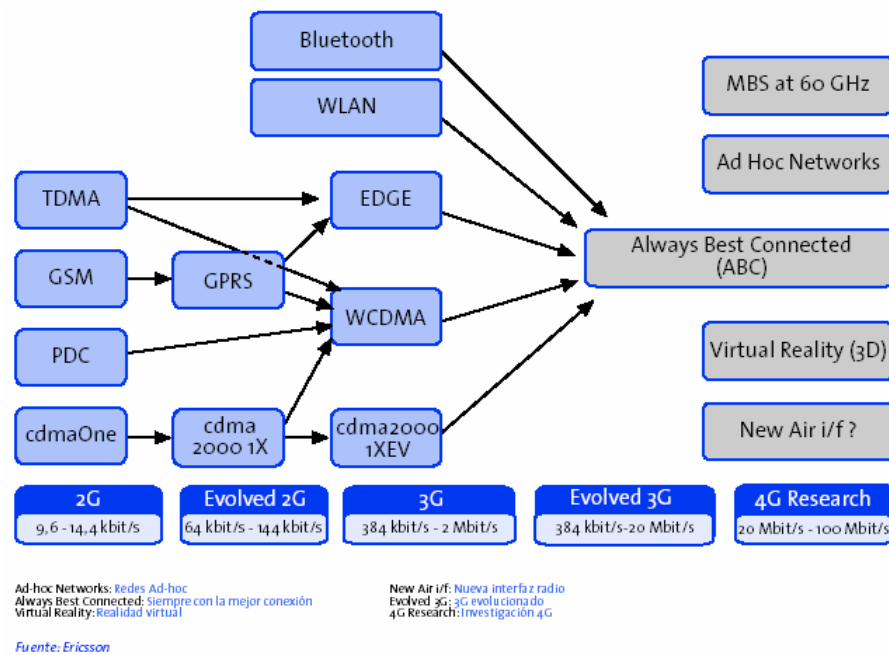


Fig. 2.2 Evolución de las tecnologías hacia 4G [Fuente: Ericsson]

2.1.2 En entornos de Seguridad y Emergencias

El entorno tratado en este proyecto es el relacionado con el sector profesional de seguridad y emergencias, donde todo es cuestión de minutos y un buen despliegue de servicios es necesario.

El 61.5 % de las llamadas que los españoles hacen al teléfono 112 se realiza desde móviles GSM, lo que significa que muchos usuarios que se encuentran en riesgo pueden comunicarse rápidamente gracias a la telefonía celular.

En este momento, nos encontramos en plena transición de los terminales GSM (2G) hacia terminales 3G. Todos somos susceptibles de sufrir algún problema y de precisar ayuda. De modo que los móviles se han convertido en una valiosa herramienta de protección y asistencia. Además, la cada vez más extendida tecnología GPS (*Global Positional System*) permite localizar a personas y vehículos en situaciones de peligro.

Sin embargo, estos estándares no son viables para entornos profesionales de seguridad y emergencias. En este tipo de entornos, TETRA es el sistema más adecuado (*ver más información sobre TETRA en Anexo 2*). TETRA ha sido diseñado exclusivamente para este tipo de entornos y se ha orientado desde sus inicios a satisfacer las necesidades de flotas de seguridad y emergencias (Policía, Bomberos, Protección Civil, etc.) con requerimientos mucho más restrictivos que los que se aplican a redes públicas.

2.2. Comparación tecnologías TETRA, GSM, GPRS y W-CDMA

TETRA se comenzó a crear en 1988, justo cuando se empezaban a instalar los primeros sistemas de trunking analógicos. Estas acciones hicieron que en 1991 se estableciera la tecnología TDMA como método de acceso, con cuatro canales en cada portadora de 25 KHz. La facilidad de adaptación del nuevo estándar se hacía así más viable puesto que la mayoría de sistemas PMR empleaban un ancho de banda de 25 KHz. En 1997, se consideró que el estándar ya estaba al 100% completado y se comenzó la segunda fase instalándose los primeros sistemas. Desde entonces, el número de redes PMR basadas en TETRA son considerables y es en la actualidad una de las opciones más interesantes dentro de este mercado. Además al ser una norma abierta permite utilizar equipos de diversos fabricantes asegurando la interoperabilidad de servicios y el desarrollo de nuevas aplicaciones.

A continuación se realiza un análisis de las tecnologías GSM, GPRS, UMTS (W-CDMA FDD) y TETRA con el fin de conocer las ventajas y desventajas de cada una frente a ésta última.

Para realizar la comparación, se han considerado una serie de características de gran peso para un buen sistema de comunicaciones móviles y además se ha incluido una gráfica comparativa de las cuatro tecnologías en el Anexo 4.

2.1.1 Según eficiencia espectral

La eficiencia espectral en las comunicaciones móviles tiene una gran importancia ya que de ella depende la capacidad del sistema.

TETRA es un estándar con alta eficiencia espectral ya que solo se precisan 25 KHz del espectro de frecuencias para disponer de cuatro canales radio. En GSM una portadora ocupa 200 KHz y dispone de 8 canales de radio. Por tanto TETRA en 200 KHz presenta un número mayor de intervalos, 32 canales de radio.

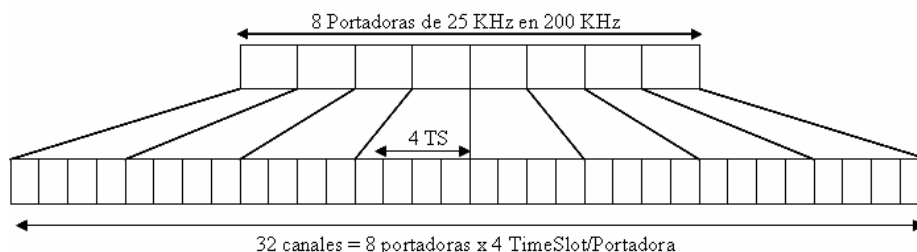


Fig. 2.3 Estructura TDMA de TETRA

W-CDMA en cambio funciona en varias bandas del espectro, incluida la de 1900 MHz y además también emplea una técnica de acceso al medio con una gran eficiencia espectral (CDMA). Todas las transmisiones usan la misma

frecuencia en el mismo tiempo, pero cada usuario tiene asignado un código distinto y células adyacentes pueden utilizar la misma frecuencia. En cambio en GSM se ha de realizar un exhaustivo plan de frecuencias para evitar interferencias ya que emplea TDMA.

Por tanto CDMA ofrece muchas más ventajas de eficiencia de espectro que TDMA además de ser más rápida en velocidad y en transmisión de datos que el GSM y GPRS actual. Pero presentan igual eficiencia espectral en sus redes para el servicio de comunicación de voz.

2.1.2 Según nivel de cobertura

El sistema TETRA ha sido diseñado para trabajar en la banda de frecuencias de 400 MHz, lo cual significa que la cobertura de las estaciones fijas de radio son superiores a las que en igualdad de potencia radiada se obtienen con los sistemas celulares que trabajan en la banda de 900 MHz; lo que quiere decir que con un menor número de estaciones radio se obtiene la misma cobertura. En la práctica, esto es un hecho que viene mas condicionado por el despliegue de red de los operadores en cuestión. Y que en el caso de TETRA viene condicionada por una planificación en función de las necesidades. GSM por su parte tiene una cobertura “limitada” al uso público general.

UMTS es resultado de la evolución de GSM a GPRS, pero funciona en una diversidad de bandas de espectro más amplias. En UMTS el nivel de cobertura siempre ha intentado ser considerado y por tanto con UMTS, definido como único sistema universal para las aplicaciones móviles, se pretende dar cobertura a todos los niveles: interior, urbano, rural. Por tanto, el número de estaciones bases es mayor que en los otros sistemas.

2.1.3 Según velocidad de transmisión de datos

La velocidad de transmisión ha sufrido un gran crecimiento con la llegada de las nuevas generaciones. Se pasa de 4.8 Kbps en generaciones de 2G (con TETRA) a 384 Kbps-2 Mbps en generaciones de 3G (con UMTS). Aún así a priori, todas las tecnologías han podido ir dando respuesta a los requerimientos de las aplicaciones demandadas en ese momento por los usuarios.

En cualquier caso, en el ámbito profesional, la tecnología más óptima no tendrá que ser aquella que aporte una mayor tasa de transferencia, sino aquella que sea capaz de enviar un cierto volumen de datos exigido en el tiempo requerido por el usuario de manera que le permita optimizar su tarea.

Tabla 2.1. Velocidad de transmisión de datos en las diferentes tecnologías

	TETRA	GSM	GPRS	UMTS (W-CDMA)
Velocidad (Kbps) teórica	4,8 Kbps	9,6 Kbps	171,2 Kbps	384 Kbps a 2Mbps(según entorno)

GPRS emplea una conmutación por paquetes permitiendo así la compartición de los recursos radio. Un usuario GPRS sólo usará la red cuando envíe o reciba un paquete de información, todo el tiempo que esté inactivo podrá ser utilizado por otros usuarios para enviar y recibir información.

Esto permite tener más de un canal de comunicación sin riesgo a saturar la red, de forma que mientras que en GSM sólo se ocupa un canal de subida de datos del terminal a la red y otro canal de bajada de datos desde la red al terminal, en GPRS es posible tener terminales que gestionen cuatro canales simultáneos de bajada y dos de subida.

UMTS soporta tasas de transferencia que oscilan de 2 Mbps cuando el usuario se encuentra en un lugar fijo y 384 Kbps cuando se encuentra en movimiento. La velocidad promedio es de 220 a 320 Kbps, que es lo suficientemente rápido como para soportar una amplia gama de servicios de datos avanzados, incluidos el streaming de audio y video de alta calidad, acceso rápido a Internet y descarga de grandes archivos. Por ejemplo, en GPRS un video clip MMS de 100 KB tarda 26,7 segundos en bajar, mientras que en una red UMTS con velocidad promedio de 128 Kbps tarda sólo 6,8 segundos.

2.1.4 Según servicios de transmisión de datos

En la actualidad las redes disponibles ofrecen principalmente tres modalidades de transmisión de datos según las tecnologías: Conmutación de circuitos, paquetes y mensajería

En GPRS por ejemplo, la conmutación es de paquetes y el sistema más eficiente para la transmisión de datos debido a que una vez establecida la sesión y definido el contexto de comunicación entre las dos partes, se puede considerar como si la conexión estuviera siempre disponible permitiendo así que el envío de datos sea instantáneo.

En el caso de GSM, el envío de mensajes cortos SMS está limitado a 160 caracteres por mensaje. En caso de sobrepasar ese límite se envían varios mensajes fragmentados y concatenados.

En el caso de TETRA existe algo parecido al SMS. Es el servicio denominado SDS. Hay cinco tipos de SDS (*Ver tipos de mensajes SDS, Anexo 2*) según los cuales se predefine la longitud, el máximo es 140 caracteres.

Tanto en el caso de SMS como SDS, el mensaje es transmitido por el terminal de origen y almacenado en un Centro de SMS/SDS que se encargará de entregarlo al destinatario cuando este se encuentre en condiciones optimas de cobertura y disponibilidad. Además existen parámetros que permiten definir el tiempo límite de entrega de un mensaje durante el cual, el sistema intenta entregarlo al destinatario.

En el caso del GPRS la entrega de los datos no es responsabilidad de la red sino de la aplicación responsable de gestionar la apertura de la sesión y de

realizar el control de envío de datos. Por estos motivos la garantía de entrega del servicio GPRS, se reduce en caso de carencia de cobertura o indisponibilidad del terminal.

Además GPRS transporta una carga efectiva de datos mucho mayor que SMS, en que cada mensaje está limitado a 160 caracteres. Así que esta combinación de velocidad y capacidad convierte a GPRS en un medio adecuado para servicios tales como Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas (WAP) y Mensajería Multimedia (MMS).

En el caso de UMTS éste es un estándar que complementa a los anteriores (GPRS) respecto a la transmisión de datos, así que las mejoras en éstas son más notables y al ser un estándar universal los grupos de trabajo están muy interesados por abrir y ofrecer una interfaz abierta para el desarrollo de nuevas aplicaciones. Por ejemplo, se está empleando una especificación denominada OSA/PARLAY [4] que permite la realización de una API abierta y tecnológicamente independiente para redes de telecomunicaciones.

2.1.5 Según Calidad de Servicio (QoS)

La valoración de la calidad de servicio es en ocasiones un parámetro subjetivo en tanto que depende de las percepciones del usuario.

TETRA destaca sobre GSM/GPRS en diferentes aspectos en cuanto al grado de servicio:

- Mayor eficiencia espectral
- Asignación dinámica de recursos en función de prioridades
- Dimensionado orientado a servicios de emergencia
- Garantía de recursos en situación de carga de tráfico elevada.
- Seguridad y privacidad de las comunicaciones.
- Fiabilidad de la red

UMTS, por su parte, incluye sofisticados mecanismos de calidad de servicio, con lo cual se asegura que cada tipo de servicio de datos recibe exactamente la cantidad de espectro y recursos de infraestructura que necesita. Por ejemplo, a un servicio de streaming de video se le asignaría suficiente ancho de banda para que la imagen sea estable y de calidad.

Así UMTS permite cuatro tipos de tráfico diferenciados por cuatro clases de QoS (*Quality of Service*) principalmente por el tratamiento que se hace del retardo: *Conversacional, Streaming, Interactivo y de background*.

Además los servicios portadores de UMTS ofrecen la capacidad de transporte entre dos puntos de acceso definiéndoles previamente un conjunto de características con requerimientos de QoS como; transferencia de información (unidireccional, bidireccional, broadcast, etc.) o calidad de la información (máxima velocidad en función de la zona, jitter, tasa de bit erróneo, etc.).

2.1.6.1 Según disponibilidad de la red

En GSM/GPRS/UMTS cuando se presentan condiciones de operación normal el acceso a los servicios se hace con unos parámetros bastante adecuados. En cambio, en situaciones excepcionales o de emergencia no se pueden garantizar ni siquiera los servicios mínimos. Es esta misma excepcionalidad la que hace que estas tecnologías no estén preparadas para soportar situaciones como incendios, tormentas, cortes eléctricos, etc., puesto que el diseño de estas redes no se hace para el peor caso.

A diferencia, la red TETRA al tratarse de una red destinada a servicios de seguridad y emergencia sí está diseñada específicamente para estas situaciones y ofrece una gran garantía de disponibilidad.

2.1.6.2 Según Seguridad y Privacidad de las comunicaciones

a) Autenticación

La autenticación asegura que únicamente un solo terminal con una clave válida sea capaz de usar la red (por tanto imposibilidad de terminales clonados).

En TETRA la autenticación es realizada durante el registro. La red rechaza aquellos terminales con una autenticación de clave incorrecta. La clave es una clave secreta simétrica (se utiliza la misma clave para encriptar y desencriptar los datos, por lo que es necesario que ambas partes conozcan dicha clave). De tal manera que es posible la autenticación del terminal, la autenticación de la red y una mutua autenticación entre usuario y red. La mutua autenticación permite al terminal detectar falsas estaciones bases, aunque esto no implica que pueda registrarlas.

En GSM y GPRS, la autenticación del terminal se realiza cuando se producen los siguientes eventos:

- Acceso a la red con el propósito de realizar o recibir una llamada
- En el primer acceso cuando se reinicia un MSC/VLR.
- Un cambio de la información relacionada con el usuario almacenada en el HLR o el VLR, esto incluye una actualización de posición que será guardada en un nuevo VLR y registro de la red.

En UMTS los procedimientos de autenticación utilizan las mismas bases que para GSM o GPRS pero con una mejora añadida. A parte de la autenticación mutua del usuario y de la red se añaden dos parámetros más. Adicionalmente de la clave única del usuario y RAND (número de acceso aleatorio) de GSM, se crea una secuencia SQN por el centro de autenticación que se utiliza posteriormente para comprobar que la autenticación en proceso no se ha utilizado posteriormente. Finalmente, el segundo parámetro añadido es el AMF o campo de administración de la autenticación.

b) Encriptación

TETRA dispone de encriptación interficie aire (AIE) que impide la reproducción de mensajes grabados, la utilización de escáneres etc. y de la encriptación extremo a extremo (E2EE), que impide los ataques dentro de la red y permite la utilización de algoritmos propietarios mediante los cuales los usuarios pueden conocer su propio nivel de seguridad.

Sin duda alguna, en un sistema de radiocomunicación profesional un alto nivel de seguridad es esencial. La autenticación junto con la encriptación unidas proporcionan así una buena confidencialidad en el sistema.

2.1.7 Según Handover

En TETRA el handover trabaja en los dos sentidos de comunicación, ya que a diferencia de GSM el terminal participa en la responsabilidad de determinar cuando se realiza y la infraestructura fija del sistema también está involucrada en la toma de decisión. El terminal determina la necesidad de realizar el handover antes de que la infraestructura llegue a la misma conclusión, ya que el terminal puede solicitar el handover en función de las condiciones de propagación existentes en ese momento.

Otra facilidad disponible en TETRA y no en GSM consiste en que cuando un terminal pierde contacto momentáneamente con la infraestructura y en su desplazamiento encuentra una nueva célula, el terminal solicita a la infraestructura del sistema que restablezca su comunicación en curso. Este proceso de handover está disponible en el sistema TETRA y aunque parece un proceso muy simple asegura que una llamada no se pierda porque el terminal perdió la comunicación con la infraestructura una vez recibida la llamada y antes de que el usuario del terminal la contestara.

En el caso de W-CDMA existe el soft handover que permite al terminal móvil mantener varias comunicaciones con diferentes estaciones base a la vez y el hard handover en su modalidad “*intrasystem, intermode o intersystem*”.

2.1.8 Conclusión

Las necesidades de comunicación de los usuarios profesionales de sistemas móviles privados, son en la actualidad complejas e incrementan su sofisticación día a día. No hay duda que un gran número de éstos necesitan comunicaciones de voz similares a las telefónicas y ocasionalmente precisan transmitir mensajes de datos. Para ellos la respuesta a sus necesidades la encuentran en los sistemas GSM, GPRS o UMTS e Internet, pero con bajos requerimientos disponibles y un alto sobre coste para aumentar la disponibilidad.

Sin embargo también existe un reducido número de usuarios profesionales, cuyas comunicaciones móviles necesitan ser considerablemente más

exigentes, y que requieren una serie de prestaciones que no las cumplen los sistemas GSM, GPRS ó UMTS, como por ejemplo:

- **Versatilidad** – TETRA cuenta con muchas características de los sistemas PMR y PAMR. Por ejemplo, proporciona llamadas de grupo, de difusión y de emergencia, puesta en cola de llamadas, prioridades y modo directo. Además, también ofrece *VPN (Virtual Private Network)* proporcionando un sistema compartido en que los servicios de emergencia tienen comunicaciones privadas pero pueden hablar juntos cuando estén atendiendo un incidente mayor.
- **Tiempo de establecimiento de llamada rápido** – menor a los 0.3s. (En GSM suelen ser 3-4s)
- **Seguridad** y encriptación en el interfaz aire además de otras características de autenticación.
- **Capacidad de transmisión de Datos** – Las redes TETRA ofrecen servicios de datos desde mensajes de estado o mensajes cortos hasta servicios de datos para acceder a bases de datos remotas, etc. Por tanto, aunque TETRA no disponga de una gran velocidad de transmisión el hecho de que pueda ofrecer múltiples servicios es una gran ventaja.
- **Estándar abierto** – respaldado por múltiples fabricantes independientes de infraestructura y terminales lo cual ofrece gran cantidad de opciones y seguridad a los usuarios.
- **Interoperabilidad de terminales** – El sistema permite disponer de terminales de diferentes proveedores operando dentro de una única red (que, a su vez, puede ser de otro proveedor diferente) y comunicándose entre sí de manera totalmente compatible.
- **Evolución** – Estándar en constante evolución. Actualmente se ha acaba de validar el *TETRA release 2* (ver anexo 3) Esta nueva versión intenta mejorar determinados aspectos como: Mayor velocidad de transmisión, producción y adopción de estándares para proveer mejoras “*interworking y roaming*”, etc.

Está claro que tan pronto como un usuario requiera uno o más de estas características va más allá de lo que puede proporcionar como estándar los sistemas actuales celulares públicos, y por tanto, TETRA sería el único y el mejor estándar no propietario disponible, no sólo en Europa sino en el mundo entero a emplear.

CAPITULO 3. Caracterización de los servicios portadores de datos en TETRA

Los usuarios de la redes de comunicaciones móviles cada vez piden más servicios de datos de valor añadido. A menudo, esta transmisión se hace con protocolos propietarios. Esto provoca desarrollos costosos, problemas para interactuar con los elementos de la red y el mundo exterior.

En las redes TETRA, hasta ahora, solo se han empleado aplicaciones con mensajes cortos (SDS) o de estado (STATUS). Aún así el empleo del protocolo estándar IP, es posible. Las ventajas que aporta este protocolo en el estándar TETRA son: estandarización de servicios, posibilidad de hacer servir aplicaciones ya desarrolladas, trabajar en un entorno conocido y no propietario, acceder a información que hay en la redes corporativas, etc.

A continuación, para garantizar que la transmisión de datos sobre TETRA es posible, se describirá el escenario y las pruebas realizadas en una red TETRA. Finalmente, los resultados obtenidos en las pruebas ayudaran a extraer unas conclusiones finales con el fin de establecer unas recomendaciones en el uso de las comunicaciones IP sobre TETRA.

3.1. Descripción de las comunicaciones del entorno

Para implementar el servicio de datos sobre la red TETRA en estudio, es necesario un nuevo elemento hardware en el conmutador, (elemento encargado de conmutar datos entre los usuarios y otros elementos del sistema) que debe realizar una serie de tareas:

- Implementación de un Gateway en los conmutadores denominado PGCU (Packet Gateway Communication Unit). Este elemento del conmutador permite acceder a redes LAN, WAN o VLAN externas.
- Creación de subredes TETRA IP de forma que se disponga de un rango de direcciones. Una subred IP puede estar formada por un y hasta 20 conmutadores. Por su banda un conmutador solo puede formar parte de una única subred IP.
- Plan de direccionamiento IP por los terminales con funcionalidad de transmisión de datos para IP. El rango se divide en direcciones estáticas y dinámicas.

Un aspecto también a tener en cuenta es que la arquitectura de la red tiene redundancia a nivel de PGCU. En un conmutador de la red se disponen de 2 PGCU de forma que si una de las unidades falla se tendrá una segunda PGCU capaz de realizar el encaminamiento.

Por otra parte, una PGCU puede ofrecer servicio a 50-60 terminales de forma

simultánea y la capacidad máxima de una subred TETRA IP (de un conmutador) es de 16.382 direcciones IP.

Un terminal TETRA, inscrito en una TBS dependiente de un conmutador en concreto, podrá transmitir datos con conectividad IP mediante cualquier PGCU de cualquier conmutador. La información llegará a la PGCU del conmutador escogido mediante los enlaces entre conmutadores. Por ejemplo, un terminal inscrito a la TBS de la zona 2 puede conectarse a un servidor utilizando como gateway de salida una PGCU del conmutador de la zona 1, en vez de utilizar una PGCU del conmutador de la zona 2. Esta posible situación provoca que se tenga que hacer una restricción determinada en el rango de direcciones IP del terminal TETRA únicamente a las direcciones de la subred IP del conmutador de la zona 1.

Topología del escenario de red empleado

El escenario de red TETRA estudiado consta de 4 conmutadores los cuales dan cobertura a cuatro zonas geográficamente diferentes.

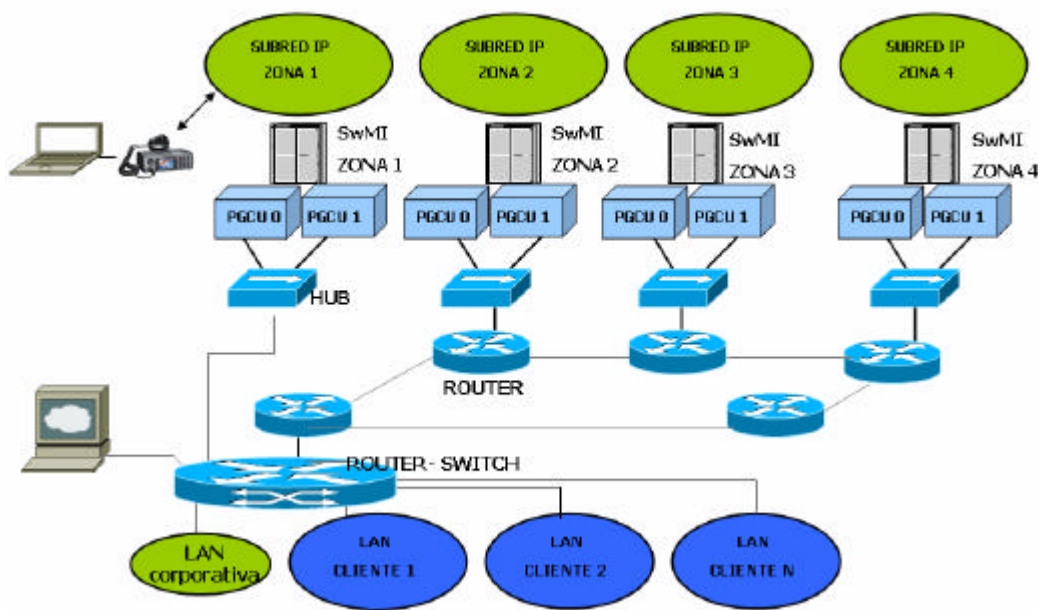


Fig. 3.1 Topología del escenario

A nivel de definición de la red IP ésta cuenta con 4 subredes y una subred por conmutador. De tal manera que cada conmutador constituye una subred IP, y como que cada conmutador tiene instaladas 2 PGCU se puede obtener redundancia de salida en cada subred.

La interconexión entre los cuatro conmutadores se soporta sobre la red de routers que forman un anillo de interconexión.

Además la red puede interactuar con otros tipos de redes gracias a un equipo que hace de puente. Tal equipo es el denominado Servidor de Conectividad que proporciona las interfaces de programación de aplicaciones (API) de datos necesarios. Este servidor así forma parte del backbone de la red TETRA y se comunica con el conmutador de la red.

El acceso a las diferentes redes de los clientes se realiza a través de un switch de altas prestaciones de nivel 3 que hace la tarea de encaminar la conectividad IP hacia la red del cliente mediante una separación lógica (VLAN).

Así al conmutador se conectan las estaciones bases, operadores de despacho (DWS), sistema de gestión de la red, servidor de backup de la red y este switch de altas prestaciones.

Además se han de activar el número de canales con funcionalidad de datos para cada TBS. Un canal de datos por cada TBS. En el caso de tener muchas llamadas de datos en una misma TBS, éstas se pondrán en cola de espera.

3.2. Pruebas realizadas

Para ver el comportamiento del servicio de datos se han realizado una serie de pruebas.

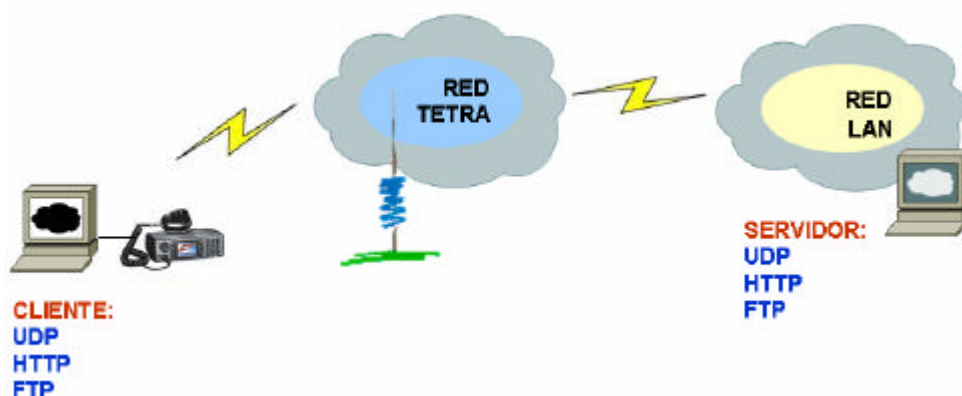


Fig. 3.2 Escenario de las pruebas

Las pruebas que se han hecho se pueden diferenciar por el tipo de pruebas y por el tipo de terminal radio empleado (*para ver más detalles sobre las pruebas ver Anexo 5*).

Básicamente todas las pruebas se han hecho con los terminales: TA, TB, y TC y un servidor de pruebas IP.

La primera parte de las pruebas demuestran que el terminal radio puede adquirir IP y puede acceder al servidor de pruebas IP.

La segunda parte de las pruebas determinan las características de transmisión

de la red, independizándolas de la aplicación que hacen servir y demuestran el estado de transmisiones de datos en situaciones de movilidad.

La tercera parte de las pruebas es la que ofrece una visión de cómo se comportan los protocolos y aplicaciones estándares de TCP/IP sobre la red TETRA en varios casos concretos: HTTP Y FTP.

3.2.1 Tipos de pruebas

A continuación se resumen las pruebas realizadas con los resultados más significativos.

A.5.1.1 Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Se conecta el PC con el terminal de radio TETRA y se comprueba el registro en red y la adquisición de IP. Se realizan pings y tracert para comprobar el acceso a la red IP sobre TETRA y la ruta exacta que seguirán los datos.

Los tres terminales adquieren IP pero el tiempo de adquisición varía entre ellos y fluctúa según la zona (según conmutador).

El terminal TC adquiere la IP casi instantáneamente. Aunque presenta problemas de cobertura cuando está en contacto con superficies (sobre la mesa) y la antena reposa sobre ésta. El terminal entonces se reconecta con la red y la realización de un ping o tracert se ven alterados.

Tabla 3.1. Tiempo de adquisición IP en segundos

	Conmutador		
Terminal	T[s] Zona 1	T[s] Zona 2	T[s] Zona 3
MDT-400	10	10	3
THR-880	10	10	3
SRP-2000	1	5	1

El ping es satisfactorio para los tres terminales. El tiempo de espera del ping en promedio para los terminales TA y TB es aproximadamente de unos 730 ms. El tiempo del terminal TC de unos 600 ms. Respecto al tracert este no es siempre satisfactorio, no se puede llegar siempre al destino aunque se tenga IP. El tiempo de espera es demasiado extenso y no se recibe respuesta.

A.5.1.2 Prueba 2: Caracterización del canal

Las pruebas de caracterización del canal son presentadas como un conjunto de pruebas basadas en:

3.2.1.2.1 Prueba 2A: Generación de flujos UDP

Se generan flujos de datos UDP, a través de una aplicación denominada IPERF [5], para determinar parámetros como el throughput, jitter y pérdidas. Se realizan las pruebas con diferentes tamaños de paquetes y se varía el flujo de datos que genera el programa (2.4 Kbps, 4.8 Kbps y 7.2 Kbps) para que este se adapte al ancho de banda del canal TETRA. Se realizan tres iteraciones para cada caso. Estas pruebas se realizarán con los tres tipos de terminales de radio (TA,TB,TC) comentados anteriormente.

El terminal TC no se comporta igual en todas las zonas. En las zonas 1 y 2, el terminal se desconecta a menudo, sobretodo cuando se intentan transmitir datos de tamaño 1024 bytes. En la zona 3, en cambio, este comportamiento ya no ocurre.

A continuación se muestra una gráfica resultado de la zona 3, y a un ancho de banda especificado en el generador de flujo UDP hacia el servidor de pruebas en modo subida (terminal a servidor) de 4.8 Kbps.

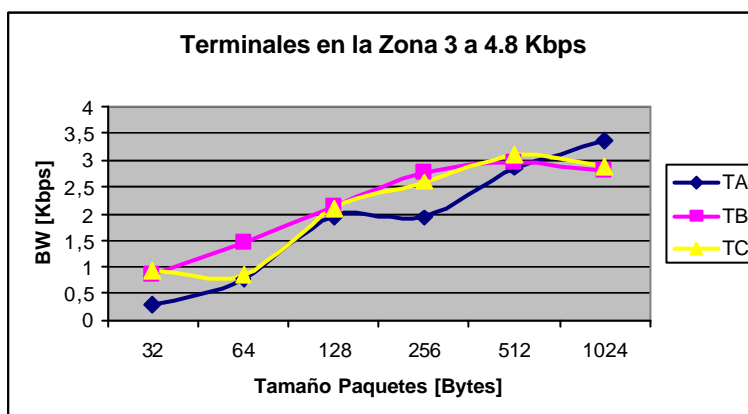


Fig. 3.3 Comportamiento de los terminales en la zona 3 en modo subida

En la zona 3 y 2, el comportamiento de los tres terminales, aproximadamente es igual. Aún así, en la zona 2, hay una leve diferencia en el TC para tamaño de paquete de 1024 bytes, esto es debido a los problemas de cobertura ya comentados.

En cambio en la zona 1 el comportamiento de los tres terminales es igual hasta un tamaño de paquete de 256 bytes. A partir de ahí, los tres terminales presentan comportamientos diferentes. El TA la velocidad se incrementa, en el TB se mantiene, y en el TC disminuye.

En conclusión, el terminal que presenta mayor velocidad para el tamaño de datos más grande probado, 1024 bytes, es el terminal TA, seguido del terminal TB y TC.

En estas pruebas y con estos tamaños de paquetes (32 bytes a 1024 bytes), la velocidad es función de la cantidad de datos a transmitir. A mayor tamaño de paquetes, y para el terminal TA la velocidad se incrementa ligeramente. El

canal así no se degrada y presenta una velocidad aproximadamente constante y alrededor de los 2.4 - 3.2 Kbps para paquetes de distintos tamaños superiores a 1024 bytes. Se ha de notar, que para este tamaño de paquetes éstos se envían fragmentados.

En cuanto a las pérdidas, éstas son más acusadas en los paquetes extremos (32 bytes, 64 bytes) y en las zonas 1 y 2, el TC presenta a 1024 bytes un elevado porcentaje de pérdidas. En la zona 3, el comportamiento del TC es similar al de los otros dos terminales.

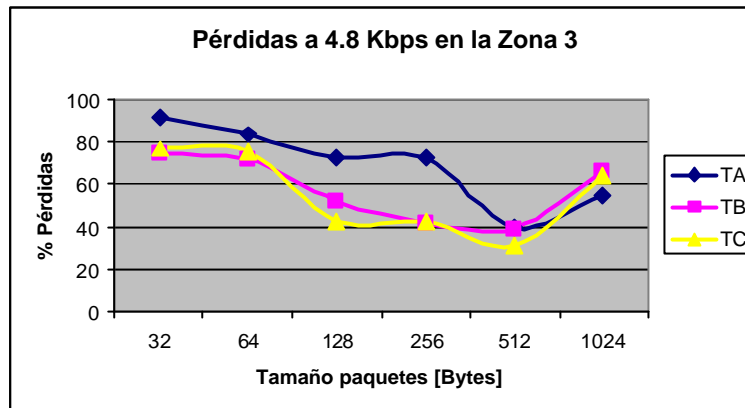


Fig. 3.4 Comportamiento de las pérdidas en la zona 3 en modo subida

3.2.1.2.2 Prueba 2B: Pruebas de movilidad.

Las pruebas de movilidad se han realizado en diversas situaciones y con un único terminal radio. En estas pruebas, se estudia el comportamiento del servicio de datos en caso de que el terminal cambie de estación base o de conmutador. Las situaciones han consistido en transmitir datos desde diferentes estaciones base, en movimiento, con roaming, con muy buena cobertura o peor cobertura.

Las pruebas han sido realizadas con el terminal TA. Han consistido en transmitir datos UDP desde diferentes estaciones base, en movimiento, con roaming, con muy buena cobertura y poca cobertura. El resultado es el que se muestra en la figura (Fig. 3.5).

En estos casos se ha observado que la velocidad no depende de la cobertura. Lo que si se observa es que a menos cobertura más fácil es que se corte la transmisión del flujo de datos, sobretudo en transmisiones grandes. Si esto se extrapola a una aplicación con control de flujo, seguramente querrá decir que sí hay una dependencia de la cobertura debida a los reintentos que se harán en caso de cortes de la conexión. Ahora bien, esta dependencia no será mucho más elevada, y seguramente, no existirá en puntos límites donde la cobertura sea muy débil.

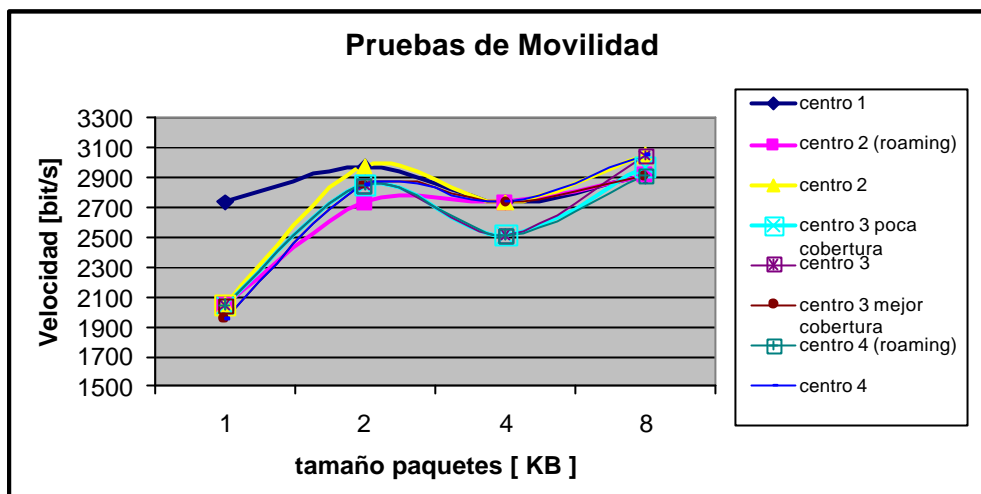


Fig. 3.5 Comportamiento de los terminales en la zona 2 en modo subida

Los cambios de TBS no influyen en la comunicación. El terminal sigue manteniendo la IP aunque la portadora haya cambiado y la conexión no se pierde. Respecto los cambios de conmutador entre las zonas, generalmente en éstos se suele perder la cobertura, y cuando se recupera la inscripción la comunicación de datos IP se mantiene.

Por ultimo en situaciones de roaming, es decir, cuando se adquiere la IP desde un conmutador y se pasa a otro conmutador manteniendo la IP original. La velocidad de transmisión es idéntica en el nuevo conmutador.

A.5.1.3 Prueba 3: Sobre aplicaciones estándares

Se han realizado pruebas de tiempo de acceso y descarga de ficheros. Las pruebas se han realizado en las siguientes aplicaciones:

3.2.1.3.1 Prueba 3A: Aplicación HTTP

En el servidor de pruebas se ha implementado una página Web en lenguaje HTML y PHP. Se estima que el tiempo máximo razonable para esperar la descarga de una página HTML no ha de superar el minuto. Por tanto la ocupación en local de las páginas Web no debería sobrepasar los 20 Kbytes.

El servidor Web es un Apache 2.0.52 configurado con la activación de un modulo de compresión, modulo deflate [6], que permite comprimir las páginas Web así como los ficheros asociados a éstas. La compresión por parte del servidor es transparente de cara al usuario. El navegador descomprime los datos sin que el usuario perciba tal proceso.

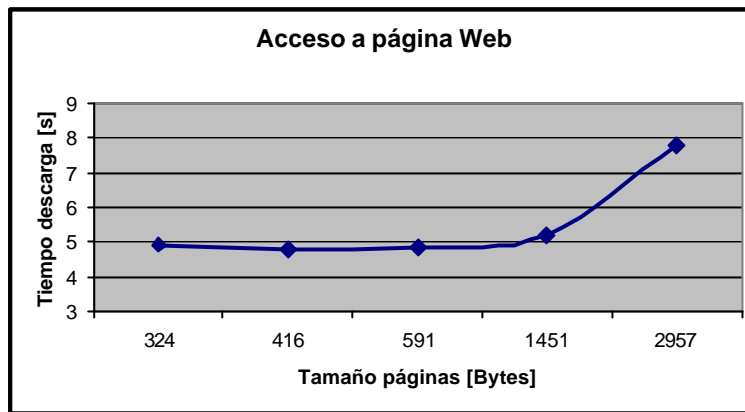


Fig. 3.6 Tiempo para descarga ficheros HTML con un navegador Web

La figura (*Fig. 3.6*), presenta el tiempo necesario para descargar páginas HTML según el tamaño especificado. Sin embargo, en realidad, el servidor Apache, antes de enviar las paginas las ha comprimido y por tanto una pagina que en local ocuparía 2957 bytes, en realidad por la red, ocupa un 32% menos. Es decir 2000 bytes.

Si se descargan ficheros a través de páginas Web se ha de tener en cuenta que tipo de ficheros se ponen. Si se ponen ficheros en formatos doc o pdf éstos ya están comprimidos. El modulo de Apache, tan solo podrá comprimir la cabecera de los datos a enviar. Así que en caso de insertar ficheros en estos formatos se deberá poner aquellos que no sean de gran tamaño. El formato txt en cambio si que es altamente comprimible por este modulo y se obtendrán grandes mejoras.

Respecto a las imágenes en formatos bmp, jpeg y gif, se estima que será mejor emplear imágenes en formato gif. Una misma imagen puede llegar a ocupar tan solo 4Kbytes en formato gif, frente a los 13 Kbytes en formato jpeg y 130 Kbytes en formato bmp.

Por el dialogo que mantiene el cliente navegador con el servidor Apache, a medida que hay más elementos en la página, baja el ratio global de descarga de esta página. Esto quiere decir, que una página que esté formada por un solo documento de texto de unos 15 Kbytes tendrá un ratio de aproximadamente 2500 bps, pero una plana de unos 15 Kbytes compuesta de 7 elementos bajará su ratio hasta los 2000 bps.

Finalmente, en el caso de querer consultar e interactuar con bases de datos se ha de remarcar que un buen uso inteligente por parte de la aplicación gráfica gestora de la base de datos puede optimizar bastante su uso. Por ejemplo, se pueden crear aplicaciones para consultar bases de datos, que tengan toda la interficie gráfica en local. De tal manera que a la hora de actualizar los datos o interactuar con el servidor que contenga los datos para insertar, buscar o borrar datos, éste tan solo tendrá que enviar las líneas de texto que el usuario requiere.

3.2.1.3.2 Prueba 3B: Aplicación FTP

Se han realizado conexiones FTP en las tres zonas y éstas han presentado el mismo comportamiento en los tres terminales. El acceso a un servidor FTP no presenta problemas.

Ahora bien, la capacidad del canal es reducida y la descarga de ficheros de cierto volumen puede durar un largo periodo de tiempo.

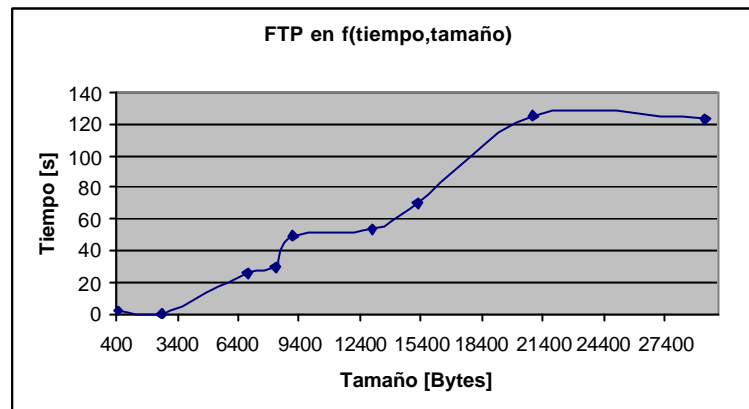


Fig. 3.7 Descarga de ficheros TXT

El tiempo de descarga de ficheros de texto mediante FTP aumenta proporcionalmente con el tamaño del fichero a descargar. La velocidad mínima obtenida ha sido de 1360 bps de un fichero de 20 KB. La velocidad máxima ha sido de 2720 bps de un fichero de 2600 Bytes. Sin embargo, estos tiempos se pueden mejorar. El servidor de FTP instalado en el servidor de pruebas IP, es FILEZILLA [7]. Este servidor permite comprimir los datos antes de enviarlos y luego el cliente FILEZILLA los descomprime. La reducción de tiempos de descarga y por tanto la compresión aplicada por este servidor de FTP es bastante satisfactoria. Aunque la velocidad de descarga sigue siendo aproximadamente la misma.

Tabla 3.2. Comparación descarga de ficheros FTP con servidor Filezilla

Normal			Compresión con servidor Filezilla		
Bytes	tiempo	velocidad	Bytes y % reducción	tiempo	velocidad
440	1,78	2000	64, 376 de 440 Bytes (85.46%)	1	2400
2600	7.63	2720	82, 2518 de 2600 Bytes (96.85%)	1	2820
6831	26,06	2080	132, 6699 de 6831 Bytes (98.07%)	1	2000
15200	70,16	1760	143, 15061 de 15200 Bytes (99.00%)	1	2410

3.2 Conclusiones resultados obtenidos

1. No todos los terminales adquieren la IP en el mismo tiempo y hay veces en que es muy difícil adquirirla. Una vez establecida la conexión, el enrutamiento no es siempre correcto. El tiempo de espera no es suficiente, y se ha de aumentar considerablemente para que se reciban respuestas al ping realizado hacia el servidor de pruebas. Los terminales TC son los que más fácilmente adquieren la IP.
2. Los tres terminales no tienen el mismo comportamiento en todas las zonas. Por ejemplo, el TC presentan pérdidas más elevadas en las zonas 1 y 2, que en la zona 3.
3. La cobertura influye ligeramente en la velocidad.
4. La velocidad de transmisión de la red para tamaños de paquetes entre 32 y 1024 bytes no es constante. En cambio para tamaños de paquetes superiores a 1024 bytes, la velocidad se mantiene constante.
5. La velocidad máxima de transmisión del canal se sitúa alrededor de los 3 Kbps.
6. Los cambios de TBS no influyen en la comunicación.
7. Los cambios de conmutador presentan pérdida de cobertura. Aun así se recupera la inscripción rápidamente, y la comunicación de datos IP se mantiene. Si la aplicación que corre por encima del protocolo de red es capaz de gestionar los reintentos no ha de ser un problema para continuar trabajando.
8. Las situaciones de movilidad no generan ningún problema.

La capacidad del canal es reducida y por tanto existen limitaciones de uso de los servicios IP. Básicamente el motivo es el tiempo que se puede tardar en completar ciertas transacciones debido al ancho de banda. Ahora bien, las ventajas que se pueden dar pueden ser enormes si se hace un uso racional de los recursos tal y como se ha visto en el caso de la compresión que puede llegar a hacer un simple servidor FTP o HTTP.

Por tanto después de estas pruebas se llega a la conclusión que el uso del servicio de datos IP en TETRA es posible. Servicio que se debe tener en cuenta, por ser un protocolo estándar de comunicación, para implementar soluciones que se exigen en las situaciones de seguridad y emergencias de hoy en día, de una forma más económica que si tratase de un protocolo propietario.

Ahora bien, es recomendable utilizar aplicaciones adaptadas para trabajar de forma optimizada con las características inherentes de la red TETRA: velocidad de transmisión, cortes por liberación del canal, etc. Así como tener el control y gestión optimizada de los parámetros de la red, necesarios para poder asegurar el uso homogéneo del servicio de datos, independientemente de la zona (ver Anexo 7).

CAPITULO 4. Estudio de mercado y casos de aplicación

Es evidente que el sistema TETRA llenó un vacío en el mercado. En la figura (*¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*) se observa el lugar que ocupa en función de la movilidad y la capacidad de transmisión de datos que ofrece, con respecto a diferentes tecnologías inalámbricas.

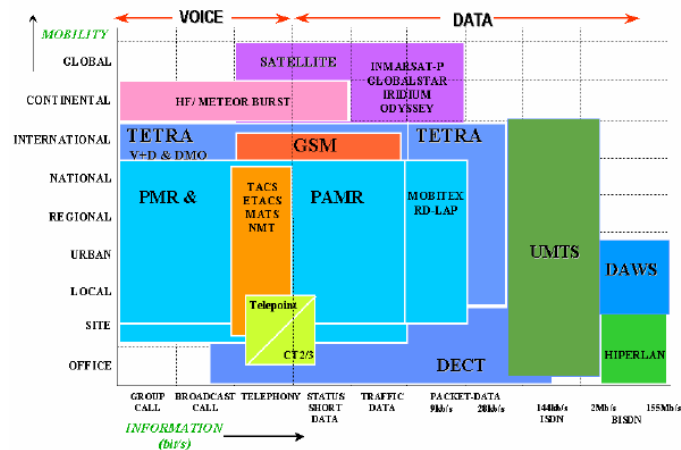


Fig. 4.1 Comunicaciones móviles inalámbricas

Desde su creación en 1997 las redes TETRA han sido implantadas a través de toda Europa y en muchas regiones del mundo. Su gran éxito ha recaído en ser el único estándar digital para redes PMR y PAMR del ETSI. Apoyado por multitud de empresas asociadas (TETRA MoU Association [8]), por la comisión Europea y por la mayoría de fabricantes, al ser establecido como un estándar, esto provocó que la rivalidad entre tecnologías diferentes que querían acceder a este sector desapareciese.

En noviembre del 2004 había 622 contratos del estándar TETRA en 70 países alrededor del mundo. A fecha de diciembre del 2005 (un año más tarde) ya había 788 contratos del estándar TETRA en 77 países alrededor del mundo.

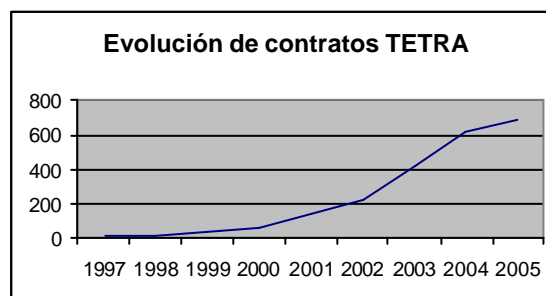


Fig. 4.2 Evolución número contratos de redes TETRA



Fig. 4.3 Mapas de los 788 contratos TETRA en 77 países. [Fuente: Tetra Mou Diciembre 2005]

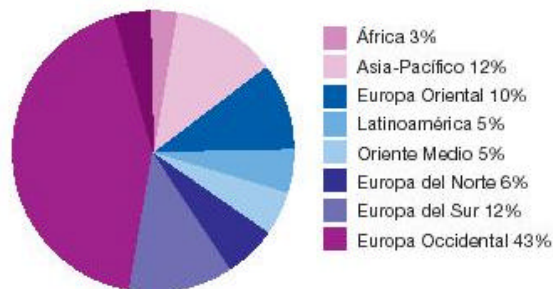


Fig. 4.4 Contratos TETRA por región [Fuente: Tetra Mou, año 2004]

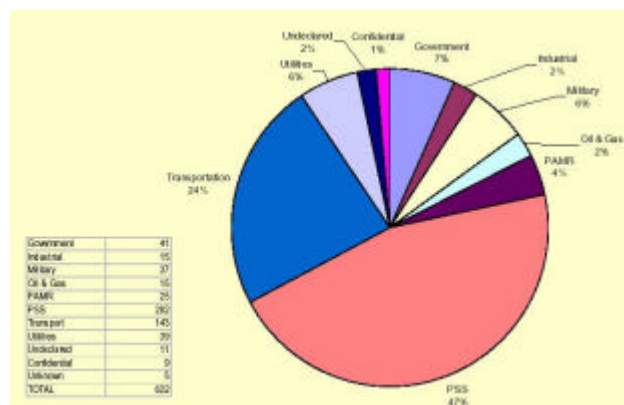


Fig. 4.5 Contratos por sectores [Fuente Tetra Mou, año 2004]

Los sectores donde más se emplea son en emergencias y transporte.

4.1. Redes TETRA existentes

A nivel europeo las redes TETRA se han ido extendiendo por toda la comunidad europea;

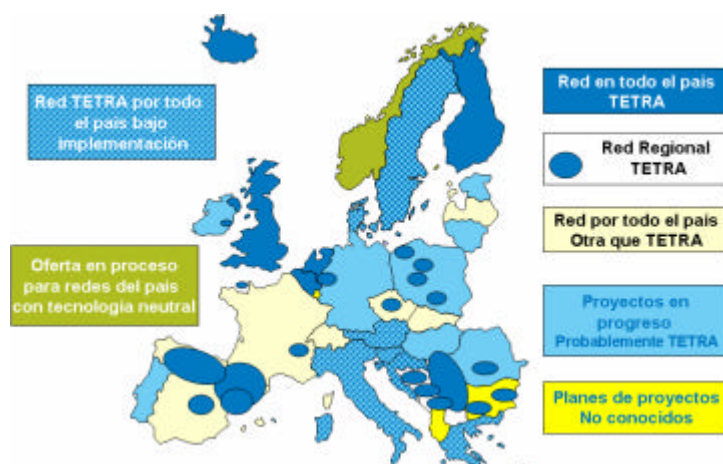


Fig. 4.6 Comunicaciones móviles inalámbricas

y en el resto del mundo, algunos ejemplos se pueden ver en la tabla (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Mercado de proyectos a nivel mundial

Sistemas TETRA Multivendedor	Zona	Suministradores de red	Suministradores de terminales					
			Cleartone	Motorola	Nokia	OTE	Sepura	Teltronic
Sistema Airwave Nationwide PSS	Reino Unido	Motorola						
ASTRID- Nationwide PSS	Belgica	Nokia						
Bermos- Primosk- Yaroslav	Rusia	Teltronic						
C2000 sistema Nationwide PSS	Holanda	OTE						
Confidencial/administración Lueneburg	Alemania	R&S Bick Mobilfunk						
Energie AG	Austria	Frequentis						
Red de transporte Urbano GENEVE	Suiza	ETELM						
KELAG	Austria	Frequentis						
Aeropuerto de Lagos-Murtala Muhammed	Nigeria	DAMM						
Red urbana de transporte en Marseille	Francia	ETELM						
Ministerio de asuntos interiores MIA	Kazakhstan	Teltronic						
MOD/NDLO-CIS	Noruega	R&S Bick Mobilfunk						
Sistema Mont Blanc	Francia	OTE						
Proteccion civil	Venezuela	Teltronic						
Red de emergencias publica	Grecia	Motorola						
Sakhalin Energy investment company	Rusia	OTE						
Sibneft	Rusia	R&S Bick Mobilfunk						
VIRVE Nationwide PSS	Finlandia	Nokia						

4.2. Tendencias mercado TETRA

A día de hoy, la parte del estándar TETRA más desarrollada es la parte de Voz. Sin embargo las tendencias están cambiando y los proveedores de redes y terminales TETRA, actualmente emplean más recursos en saber aplicar de forma optima los servicios de datos.

Los servicios de datos en TETRA, son: mensajes de estado, mensajes cortos SDS y datos IP. En la figura (Fig. 4.7) se observa la utilización de éstos en

función del volumen.

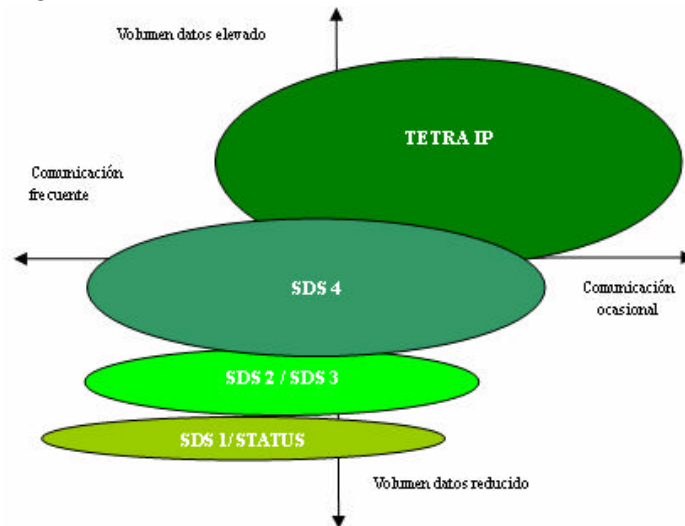


Fig. 4.7 Servicios de datos en TETRA

Durante estos últimos años, los proveedores de red TETRA han basado sus esfuerzos de investigación en implantar de forma autónoma redes TETRA que coexisten con el protocolo (no-propietario) más popular del mundo, protocolo IP. Como consecuencia cada proveedor aporta al mercado diferentes soluciones basadas en el protocolo IP. Las últimas tendencias han hecho que se haya creado una nueva versión del estándar TETRA, TETRA release 2 (ver Anexo 3), que intentará potenciar las capacidades ya existentes para datos y facilitará el desarrollo de nuevas aplicaciones. Sin embargo, el despliegue de esta nueva versión aún tardará tiempo en establecerse.

El empleo de IP en redes TETRA viene caracterizado por dos caminos: IP sobre TETRA y TETRA sobre IP. En los dos casos se define un protocolo encapsulado encima de otro, pero con características completamente diferentes (ver Anexo 2).

El desarrollo de nuevas aplicaciones que permitan el acceso a TETRA a través de IP hace que existan nuevas oportunidades, no suficientemente explotadas todavía, para el sector de seguridad y emergencias. Como dijo Sir Edmun Burton jefe de PITO (Police Information Technology Organisation) la situación actual se resume en que los proveedores actuales quieren: "Moving information to the point of decision" y esto hace que el servicio de datos en TETRA ya sea a partir de mensajes cortos (SDS), mensajes de estado o datos IP esté pasando a tomar protagonismo. Sin embargo, el desarrollo de nuevas aplicaciones basadas en IP (IP sobre TETRA) no está siendo comercializado casi por ningún proveedor, ya que éstos están fomentando más la creación de redes TETRA con núcleo IP (TETRA sobre IP).

El hecho de que IP sobre TETRA ya fuera definido por el estándar lo convierte en su propio enemigo. Los proveedores piensan que IP sobre TETRA ya es una plataforma robusta y sólida e invierten más recursos en optimizar la parte de TETRA sobre IP (no estándar).

4.3. Productos existentes en el mercado

Uno de los objetivos de este proyecto es crear una aplicación para el sector de seguridad y emergencias en redes TETRA. Para poder posicionar esta nueva aplicación dentro del mercado, a continuación se presenta un listado de empresas que conviven en el sector donde se quiere ubicar el producto a diseñar.

Knosos: empresa dedicada a la consultoría e ingeniería está especializada en la implantación de soluciones de comunicación (por ejemplo, sistemas de teledetección, sistemas de telemonitorización de sensores y sistemas de telecontrol) y gestión basadas en tecnologías móviles GPS/GPRS. Actualmente dispone de la unidad K8 GPS TETRA v6 [9] que es una Unidad de seguimiento GPS y transmisión de datos vía SDS usando la capacidad TETRA de redes Dimetria de Motorola y NOKIA. Siendo un equipo ideal para la integración de sistemas de seguimiento de vehículos y control de flotas en el mercado de los sistemas de emergencia (bomberos, policías, ambulancias, agentes forestales, etc.).

Advanced: Compañía dedicada al diseño, desarrollo y fabricación de hardware, firmware y software desde el GPS, la integración GPS-GSM-GPRS, sistemas para la gestión de flotas y servicios basados en la localización. Por ejemplo, dispone de un producto denominado HORUS SNG-310 [10] que es un dispositivo con GPS/GSM/GPRS para posiciones remotas y trayectoria de vehículos. También es compatible con TETRA.

Datatronics: suministrador de soluciones integrales en hardware y software que presenta soluciones para el desarrollo de equipos y sistemas de comunicaciones y control para la gestión de flotas, control remoto, Telemetría y otras aplicaciones, mediante la utilización de comunicaciones móviles y sistemas de localización (GPS, PMR, Trunking, Satélite, etc.) Disponen de un equipo denominado MOVILCOM que dispone de: Sistemas de mensajes cortos (SMS), sistemas de localización vía satélite (GPS), sensores, módulos de presentación (displays, gráficos) etc. [11]

Abertis Telecom: Operador y gestor de infraestructuras dispone de soluciones embarcadas en vehículos del sector de seguridad y emergencias. Soluciones basadas en gestión de flotas (GPS) y TETRA, envío de datos mediante SDS.

Por tanto después de este simplificado estudio de mercado se ha detectado que las aplicaciones basadas en IP sobre TETRA no están siendo desarrolladas. Las empresas únicamente presentan soluciones en las que el uso de TETRA se centra en voz, y datos vía mensajes cortos o de estado.

Los proveedores ya dan por hecho que sobre la tecnología TETRA se pueden transmitir datos pero no se han parado a desarrollar prácticamente ninguna aplicación comercial.

CAPITULO 5. Análisis funcional del sistema

La mejor manera de expresar la necesidad identificada en el estudio de mercado anterior es mediante un enfoque funcional. Hacer un análisis funcional de detalle otorgará al sistema un valor que ayudará a que el mercado lo perciba como el producto situado en lo más alto de su categoría. Permitirá definir mejor la necesidad, adaptar mejor el sistema a la necesidad, no olvidar nada a la hora del diseño y disminuir las modificaciones de puesta a punto.

5.1. Nuevo sistema para vehículos de seguridad y emergencias

El objetivo principal para la elaboración de un nuevo sistema, para vehículos de seguridad y emergencias operativos en redes TETRA, recae en garantizar una solución de conectividad completa, con un único producto inteligente, que resulte una herramienta funcional y actual, y que facilite las tareas al usuario de manera transparente. El usuario realizará así una conexión a la red TETRA a través del sistema, con independencia del dispositivo que emplee.

A continuación se presenta un esquema general de la arquitectura propuesta para el sistema.

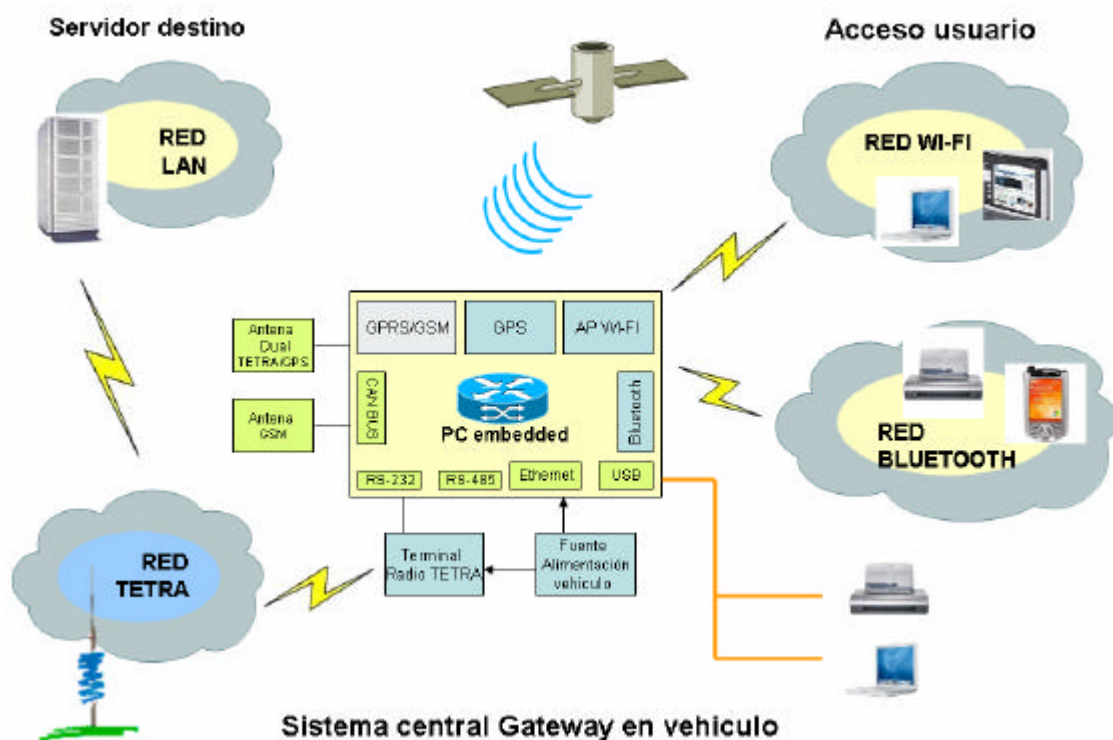


Fig. 5.1 Arquitectura del sistema

El producto podrá ser ubicado en cualquier vehículo del sector de seguridad y emergencias (coche de policía, camión de bomberos, ambulancia, etc.) pero se intentará que su presencia no suponga un impedimento logístico dentro del propio vehículo.

Como ejemplo, a continuación se plantea que uno de los posibles ámbitos de aplicación del producto podría ser en los parques de bomberos. Es decir, dentro de un camión de bomberos.

Los parques de bomberos han cambiado mucho en los últimos años, principalmente en técnicas de protección, vehículos y herramientas pero también en tecnologías de la información. La mayoría de los parques de bomberos disponen de la tecnología TETRA y GPS para la localización de sus vehículos. Para la ayuda a la toma de decisiones a la hora de atacar un fuego cuentan con una herramienta como es la Cámara Térmica: cámara de infrarrojos que se introduce en lugares inaccesibles para el bombero, y detecta los puntos calientes de cada zona y de la estructura del lugar. Así la información recogida por la cámara se emite en una pantalla en el exterior; donde los mandos de una operación pueden tomar decisiones sobre por dónde hay que empezar a extinguir el fuego, para ayudar a garantizar la seguridad de los bomberos frente a zonas peligrosas.



Fig. 5.2 Visualización flota de camiones bomberos

La ubicación de los terminales TETRA y GPS se encuentra en la parte lateral del vehículo. Ubicación en la que se podría añadir el nuevo sistema de IP sobre TETRA que se plantea.

A continuación, en la figura (*Fig. 5.3*) se observa un esquemático y fotografía de la estructura del camión donde se puede apreciar la caja de comunicaciones disponible en el vehículo.

La caja de dimensiones 500 x 360 x 80 mm (largo x ancho x alto) es metálica y podría englobar todos los elementos necesarios en el sistema.

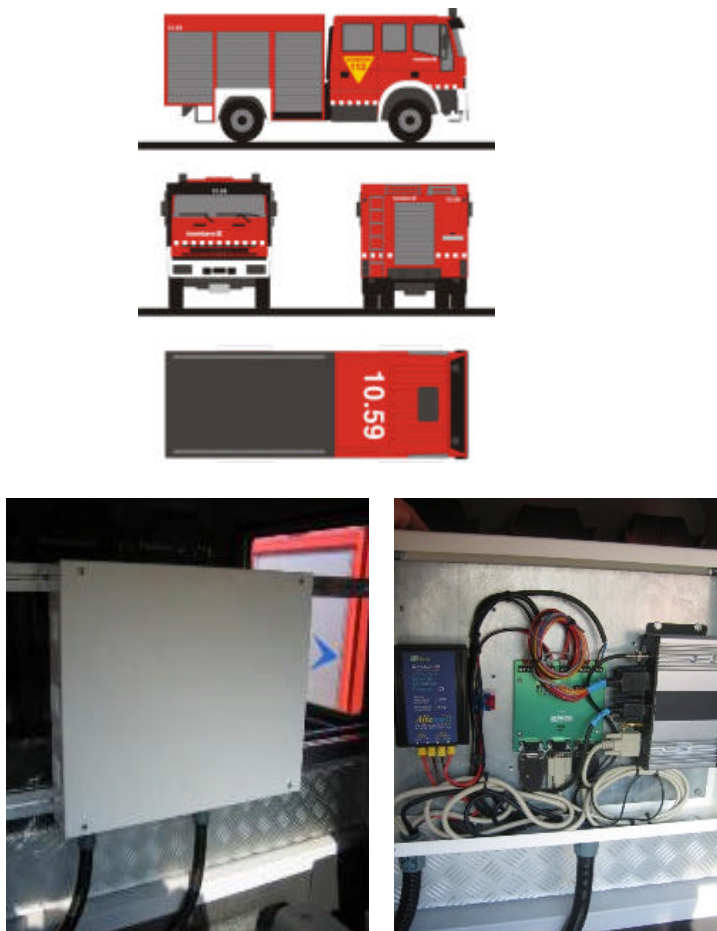


Fig. 5.3 Visualización ubicación caja con componentes comunicación TETRA de dimensiones 500 x 360 x 80 mm (largo x ancho x alto).

En la parte trasera (ver Fig. 5.4) además también hay un compartimento destinado a la manguera y válvulas de presión reguladoras del agua junto a la sirena de emergencia, cuyo actuador se encuentra en el salpicadero de la cabina del camión junto al micrófono (tipo ppt) del terminal de radio TETRA.



Fig. 5.4 Parte trasera del camión con manguera

Al introducir este nuevo sistema, las nuevas comunicaciones producirán una mejora en las condiciones de trabajo de alrededor del vehículo.

El sistema tendrá como red principal de envío de información a TETRA. En caso de que el personal del vehículo se aleje de éste, contará además con otro tipo de comunicaciones, como bluetooth o Wireless con las cuales podrán enviar a una cierta distancia datos o información urgente. Una vez la información sea procesada por el PC embedded, éste la reenviará por TETRA, garantizando así seguridad y privacidad en el envío de datos. Además, gracias al controlador CAN bus, elementos del vehículo como velocidad, cantidad de combustible, presión de la manguera, etc. podrán ser gestionados por el personal de éste y reportados hacia el centro de control. La posibilidad de conectar múltiples dispositivos al sistema, permitirá tener un control y gestión fácil del dispositivo.

La gestión de todas estas comunicaciones mediante una única plataforma supondrá un menor coste de mantenimiento.

Una vez descrito el contexto donde se podría ubicar el nuevo sistema, pasemos a definir las funciones que realizaría este sistema.

5.2. Formulación de las funciones

La definición de la palabra “función” está relacionada con las nociones de actividad, de acción, de servicio a prestar y de necesidad a satisfacer. La función expresa un “resultado” esperado, y no la solución que permita obtener este resultado. Describir, por tanto, un resultado bajo la forma de funciones a cumplir se transforma en la “expresión funcional de la necesidad”.

La necesidad que se ha identificado ha de cubrir cualquier entorno del sector de seguridad y emergencias para redes TETRA. La clave de una buena solución es que permita ajustarse a las necesidades de todos. Por tanto, se intentará realizar un análisis y diseño, lo más escalable y configurable posible para todos los usuarios que la requieran.

A continuación se describen las funciones de servicio que el sistema deberá cumplir:

Funciones principales: Éstas son las funciones de servicio o de uso para las cuales el producto se desea crear y que garantizarán el servicio esperado por parte del usuario.

1. Gestor de comunicaciones

- a. Gestión, control y adquisición de IP del Terminal TETRA.
- b. Interpretación, encapsulación y envío de servicio de datos, SDS o IP según el caso.
- c. Comunicación bidireccional.
- d. Detectar tipo de enlace cliente: Wireless/Bluetooth/Can Bus
- e. Gestión y administración red Wireless y Bluetooth.

- f. Encriptación/Desencriptación de datos para garantizar la seguridad en el entorno WI-FI.
- g. Intercambio de mensajes entre dos equipos mediante el envío de alarmas de estado de los elementos controlados al sistema supervisor.
- h. Control de sesión de los dispositivos conectados.
- i. Enviar mensajes de confirmación a los dispositivos conforme se ha realizado bien la comunicación hacia el destino especificado.

2. Gateway: Pasarela de datos entre cliente y servidor.

- a. Enrutar los datos de las redes Wireless, Bluetooth y Can bus hacia TETRA.
 - i. En caso de perder la conexión con TETRA y no poder enrutar, cada cierto tiempo se harán reintentos de conexión para volver a conexión TETRA y notificarlo a todas las aplicaciones.

3. Conectar dispositivos

- a. Conexión portátiles y móviles
- b. Conexión PDA's
- c. Conexión Tablet-PC's
- d. Conexión periféricos: impresoras, teclados, escáneres y faxes.

4. Informar de su posición GPS

- a. Almacenar las posiciones GPS para enviarlas al centro de control, y poder emplear los datos recogidos para aplicaciones GIS embarcadas, accesibles a través de periféricos como PDA's o similares.

Funciones complementarias: Corresponden a una necesidad complementaria que debe ser satisfecha al igual que la necesidad principal.

- 1. Tamaño reducido.
- 2. Debe de presentar una arquitectura modificable para que pueda adaptarse a distintos tipos de vehículos.
- 3. Disponer de una carcasa que englobe la mayor parte de los componentes. Diseñada específicamente según el tipo de vehículo.
- 4. Los componentes deben resistir a temperaturas extremas.
- 5. Los componentes deben ubicarse en la caja de forma que su manipulación no sea un problema.

De momento, estas serían las funciones necesarias que se creen que ayudarían a integrar el servicio de datos en este sector. En un futuro, quizás se deban integrar más funcionalidades, como por ejemplo, acceso al centro de control u otros destinos mediante tecnologías como GSM o GPRS.

CAPITULO 6. Diseño y Especificación del sistema

En esta parte del proyecto se diseña y especifica el posible hardware y software del sistema.

El sistema se diseñará para ubicarse dentro de un vehículo de seguridad y emergencias, tal y como ya se ha comentado en capítulos precedentes. Sin embargo, como no todos los vehículos de este sector son iguales, sino que pueden ser desde automóviles a camiones o furgonetas, se intentará realizar un sistema genérico que pueda adaptarse fácilmente a cualquier vehículo de los enunciados sin que prácticamente el diseño se vea modificado por temas de espacio. De todas formas, es evidente la gran diferencia en cuanto a dimensiones y no se descarta que el diseño pueda sufrir pequeñas variaciones.

6.1. Componentes del sistema

6.1.1 PC Embedded

Este elemento tendrá toda la lógica del sistema. La arquitectura de la placa base no es la típica placa de circuitos integrados en el que van insertados los componentes; en lugar de eso, los componentes se encuentran en módulos que son apilados unos encima de otros. El PC escogido es un PC/104 que simplemente es una versión de la arquitectura PC para aplicaciones empotradas e industriales, donde el espacio o consumo de energía son factores críticos.



Fig. 6.1 PC embedded CPU-1451 [12]

6.1.1.1 Características técnicas CPU-451

El PC embedded denominado, CPU-1451 A0, es un embedded PC/104 Plus con características de la tarjeta Ultra BGA Celeron 400 MHz Tualatin 0.13µm y el chipset Intel-815E con 133 MHz de frecuencia máxima en el bus. Además el Modulo de la CPU es una placa con procesador Celeron que no necesita

ningún sistema de ventiladores de refrigeración para operar a temperaturas estándar y extremas haciendo la placa adecuada para aplicaciones embebidas.

Algunas características importantes son:

- Arquitectura: PC/104-Plus compliant
- Bus: PC/104-Plus (PCI) and PC/104 (ISA)
- Procesador: ULV BGA Celeron 400MHz, 256KB L2 cache, 100MHz PSB
- Chipset: Intel815E
- Memoria: 128MB (256MB opcional) SDRAM soldadas a la placa.
- Sistemas operativos: WinCE, VxWorks, Linux, QNX, Windows
- BIOS Flash: 1MB Flash EPROM
- Interfaces:
 - IDE Controller UltraDMA
 - 2x Serial: 1 RS232, 1 RS232/422/485
 - 2x USB 1.1
 - 6x USB 2.0
 - Ethernet (10/100 Mbps)
 - Controlador de video VGA
 - Potencia auxiliar
 - AC97
 - Ratón y Teclado
- Watchdog: 1-255 seg./min.
- Rango de temperatura extremos: -40 /+80 °C
- Dimensiones: 90 X 96 x 22 mm
- Alimentación: +5V DC +/- 5%
- Potencia consumida: 8.0 W (Celeron 400MHz 256MB SDRAM)

6.1.2 Modem GSM/GPRS y GPS

El modulo GPS escogido integra un modem GSM/GPRS para una futura ampliación de funcionalidad como sistema de comunicaciones alternativo.

El modem GSM/GPRS Y el GPS, están ubicados en un sola placa denominada COM-1288 PC/104 tribanda GSM/GPRS y GPS.



Fig. 6.2 Modulo GSM-R GPRS/GPS COM-1288-00 [13]

6.1.2.1 Características técnicas COM-1288-00

La placa COM-1288 combina conectividad GSM/GPRS con un receptor GPS dentro de sistemas PC/104 embebidos. Las características de la placa incluyen 4 canales 16C550 compatibles con UART con dos puertos series RS-232 libre para otros dispositivos, mientras que en conjunto dos puertos son reservados para el modem GPRS y el receptor GPS. La configuración de la placa es sencilla usando una placa EEPROM FlexiSet y además dispone de entradas digitales a las cuales se pueden conectar señales de +12 o 14 V.

Algunas características generales son:

- Cuatro puertos serie 16C550 y dos puertos RS-232 libres para otros dispositivos.
- Entradas y salidas digitales programables de 16 bit, configurables mediante software en líneas de cuatro.
- Dos entradas digitales automotivas de +12/24V, una conectada al cuentakilómetros.
- Sensor de temperatura (basado en bus I2C)
- Externa I2C-bus para dispositivo de expansión
- Potencia requerida de +5V, +/- 5%.
- Potencia consumida de 1.1 W en reposo, 3.2 W pico
- Tensión de la tarjeta SIM, solo + 3.3 V
- KIT con antena tribanda GPRS Y antena GPS con cables.
- Compatible con PC embedded y sistemas operativos: Linux, DOS, QNX, WINCE y WIN2000/XP

Características GPRS:

- Siemens MC45 900/1800/1900 MHz.
- Tarjeta SIM interna o externa a 3.3 V
- Velocidad de transferencia GPRS en bajada a 85.6 Kbps.
- Velocidad de transferencia GSM a 14.4 Kbps
- Potencia de salida clase 4 (2W) a 900 MHz y clase 1 (1 W) a 1800 MHz.

Características GPS:

- 12 canales Fastrax iTrax02
- Soporte para antenas a +3.3/5 V
- Protocolos Fastrax binarios o ASCII NMEA
- Dos LEDS indicadores de estados

Características físicas:

- Dimensiones: 90 x 96 x 15 mm
- Conectores OSX para antenas GSM y GPS
- Intensidad para antena GPS de 125 mA (máx.)
- Rango operativo de temperatura: -20 a + 70 °C para GPRS , -40 a +85 °C para receptor GPS.

6.1.3 Controlador CAN-BUS

CAN es un protocolo de comunicaciones serie que soporta control distribuido en tiempo real con un alto nivel de seguridad y multiplexación. Entre los productos existentes en el mercado hay Módulos CAN integrados en el mismo chip de un microcontrolador, Controladores CAN independientes que permiten a microcontroladores comunicarse a través del CAN o tarjetas de conexión con PCs. El producto elegido ha sido un controlador CAN independiente. Así los componentes que integraran el sistema serán un controlador CAN conectado a la CPU-1451 y dos cables que le transmitirán la información y formarán el bus de datos.



Fig. 6.3 Modulo controlador dual CAN bus COM-1273 PC/104 [14]

6.1.3.1 Características técnicas COM-1273

El controlador CAN escogido es un modulo denominado COM-1273 PC/104 de dimensiones 90 x 96 x 15 mm y con dos módulos CAN.

Características generales:

- Baja potencia de consumo
- Dos controladores CAN SJA-1000, independientes y configurables
- Frecuencia de reloj para ambos canales CAN de 16 MHz
- Entradas y salidas digitales programables de 16 bits, +5 V
- Terminaciones del bus de valor 120 Ohm.
- Software para configuración FlexiSET
 - Programable y almacenado en la EEPROM
 - Soporta almacenamiento de datos en memoria no volátil EEPROM
- Gran margen de temperaturas
- Interface bus
 - 16 bit bus PC/104 bus conector
- Sistemas operativos soportados: DOS, QNX, Windows 2000, Windows NT, Windows XP, WiNCE.NET y Linux.

Características controlador CAN bus:

- Controlador Philips SJA1000
- Soporta especificaciones 2.0b
- Mensajes globales programables
- Mensajes de 8 bytes de datos de longitud y tasa programable. Máximo 15 mensajes
- Soporta todas las funcionalidades y servicios del protocolo CAN bus
- Cola interna FIFO de 64 bytes, para bloques de transferencia de datos del chip del controlador CAN

6.1.4 Terminal TETRA

Hay una gran oferta de terminales radio en el mercado. Tal y como se ha visto en el apartado de pruebas, hay diferencias en tiempo de adquisición de la IP e incluso en la gestión de los grupos, llamadas, etc. Debido a la gran experiencia que se posee con terminales TELTRONIC, se ha decidido por este tipo de terminal.

El terminal TELTRONIC, MDT-400 [15], ha sido diseñado para uso exclusivo en entornos vehiculares. Además soporta servicios de datos como comandos AT, datos en modo paquete o en modo circuito. Altamente configurable, permite disponer del display de 128 x 64 puntos de resolución separado del cuerpo base, pudiendo orientar el frente hacia el usuario mediante soporte ajustable. Finalmente, de forma opcional, puede incorporarse un receptor GPS y modulo GSM internos pero no se ha optado por esta configuración. El motivo es que se pueda informar al dispositivo embarcado (PDA, portátil, etc.) de la posición sin depender del terminal.

6.1.4.1 Características técnicas MDT-400

El terminal tiene dimensiones 177 x 163 x 47.5 mm. Simplemente teniendo en cuenta el transceptor radio y el cuerpo base. El frente de control se ubicaría cerca de la guantera del vehículo. El peso es de unos 1200-1400 gr. El terminal consume 5 A para una potencia de transmisión de 10 W en la banda de frecuencia de 380-400 MHz.

En el anexo (*Anexo 6*), se puede ver como se configura este terminal en un PC.

6.1.5 Wireless LAN

El sistema dispondrá de una red Wireless propia. Está permitirá al usuario que abandone el vehículo acceder vía la red, hacia el sistema y así poder comunicar cualquier incidencia o incluso interactuar mediante alguna aplicación con el sistema sin necesidad de acercarse al vehículo.

Se propone un modulo Wireless LAN compatible con el PC/104 basado en el

estándar 802.11a (6 a 54 Mbps), 802.11b (1 a 11 Mbps) y 802.11g (1 a 54 Mbps).



Fig. 6.4 Modulo Wireless LAN WLAN17202ER para PC/104 [16]

6.1.5.1 Características técnicas WLAN17202ER

El producto denominado WLAN1720ER usa un chipset Atheros AR5004X. El motor de encriptación por hardware provee un acceso Wireless seguro sin tener reducción de rendimiento, IEEE 802.11i, Wi-Fi Protected Access (WPA), Advanced Encryption Standard (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP) y Wireless Equivalent Privacy (WEP).

Las entradas y salidas son a través de dos MCX Jacks para antenas duales y para conectar la placa al PC/104.

Para configurar el dispositivo se proporciona un software denominado WLAN17202ER, con drivers para Windows 2000/XP y Linux.

Características físicas:

- Dimensiones de la placa 90 mm x 96 x 15 mm.
- Con peso de 100 gramos.
- Margen de temperatura: 0 a +70 °C: 90% de humedad no condensada
- Margen de temperatura de almacenamiento: -20 a +80°C
- Potencia y tensión: 2.5W, y 5Vdc

Este modulo también se adquirirá junto una antena magnética externa denominada XK-CM50 y un cable adaptador, recomendada por el fabricante. De ganancia 5 dBi.

6.1.6 Bluetooth

Para poder conectar cualquier tipo de dispositivo sin necesidad de cables, como una cámara para enviar fotografías, el sistema contará con una conexión bluetooth.

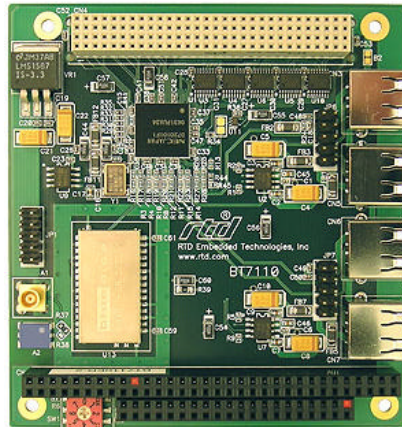


Fig. 6.5 Modulo BT7110ER-2 para PC/104 [17]

6.1.6.1 Características técnicas BT7110ER-2

El modulo Bluetooth denominado Bluegiga WRAP THOR con conexión para PC/104, tiene un alcance de 100m y dispone de una antena externa. El chipset de la placa es CSR Blue Core2-Ext. Dispone de cuatro puertos USB 2.0 independientes. Cada puerto proporciona hasta 500 mA a +5 V.

Las velocidades de los puertos USB 2.0 son desde 400 Mbps, 12 Mbps y 1.5 Mbps. Aún así los puertos son compatibles con dispositivos que sean para USB 1.1 y 1.0.

Características físicas:

- Dimensiones: 90 mm x 96 mm x 15 mm
- Peso: 60 gramos
- Margen de temperaturas: -20°C a + 70°C: 90% humedad no condensada
- Margen de temperaturas almacenada: -40°C a +85°C.
- Potencia y tensión: 1.0 W a +5 Vdc.

6.1.7 Elementos opcionales

6.1.7.1 Conversor de tensión

En los caso en que el sistema se ubique en camiones, como en el caso de un camión de bomberos, las baterías de éstos son de 24 V. Como la máxima tensión que debe tener el sistema es la de la del terminal radio, 12 V. Se deberá disponer de un conversor de voltaje de 24 Vcd a 12 Vcd.



Fig. 6.6 Conversor DD 24 - 12 V a 240 W [18]

6.1.7.2.1 Características técnicas conversor DD 24-12

El conversor elegido es el modelo DD 24-12 240 (240 W) de dimensiones 167 x 87 x 50 mm y peso 620 gramos.

- La tensión de salida fluctúa entre 13.6 Vcd +15%- 20% a temperaturas extremas, carga, tolerancia de entrada, etc.
- La temperatura de almacenamiento es de -25 °C a + 100°C.
- Cuenta con una cubierta de aluminio anodizado, policarbonato relleno con vidrio. Resistente al polvo, al agua y a los golpes, IP533.
- Dispone de cuatro conectores de alabe plano a presión de 6.3 mm además de un indicador de salida, formado por un LED rojo adyacente a las terminales de salida que indica cuando hay voltaje de salida del convertidor.

6.1.7.2 Caja metálica

Para englobar todos los componentes, se tendrá que diseñar una caja metálica a medida. La caja metálica escogida, es una caja metálica de 500 x 360 x 80 mm (Largo x Ancho x Alto). [19]

6.2. Esquema de conexión

El sistema así presenta una arquitectura en pila. Casi todos los componentes se apilan sobre el componente que contiene la lógica de todo el sistema, CPU-1451.

A continuación se muestra como quedarían los componentes, modulo GSM-R GPRS/GPS COM-1288-00, modulo controlador dual CAN bus COM-1273 PC/104, modulo Wireless LAN WLAN17202ER y modulo BT7110ER-2 para PC/104 apilados sobre la CPU-1451. El sistema presentaría una altura de 71 mm.

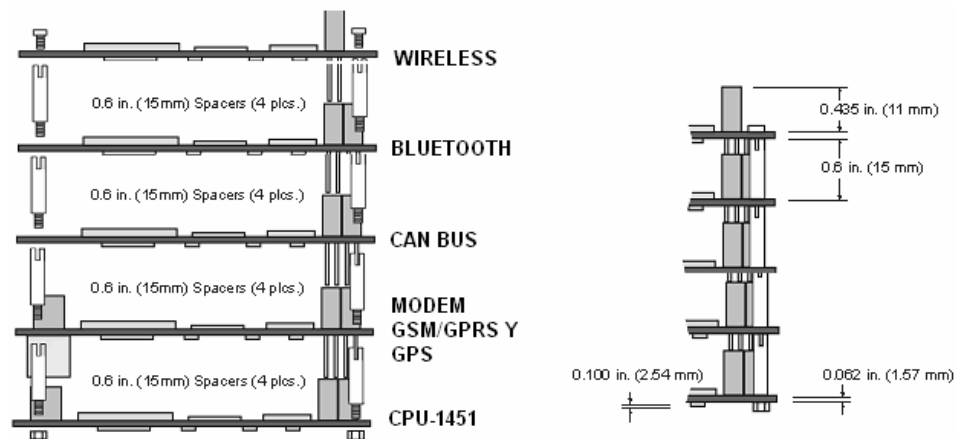


Fig. 6.7 Pila de módulos PC/104

A continuación en la figura (*Fig. 6.8*) se especifica la relación entre todos los componentes finales que formarían el sistema:

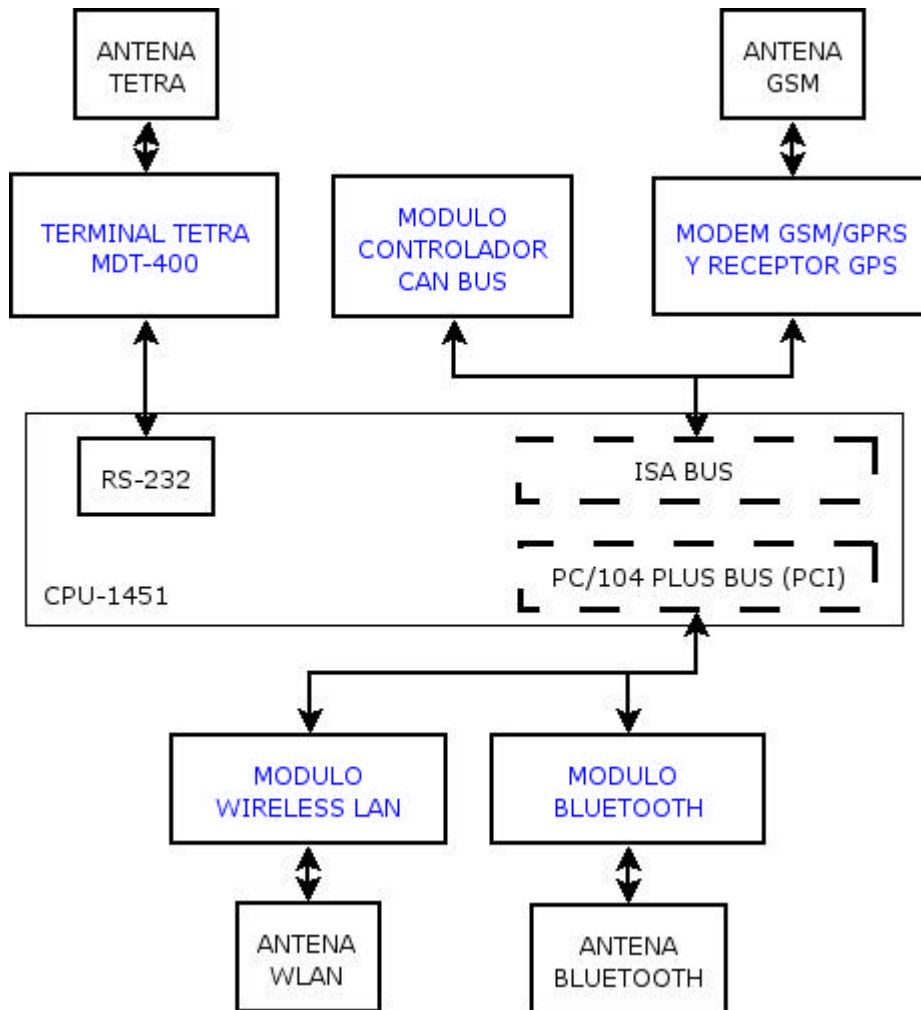


Fig. 6.8 Esquema de conexión del sistema

El módulo con modem GSM/GPRS y receptor GPS junto con el modulo controlador CAN se conectan a la CPU-1451 a través del BUS ISA. Los módulos Wireless LAN y Bluetooth lo hacen a través del BUS PCI. Finalmente, el terminal radio TETRA lo hace a través del puerto RS-232.

Para poder ver más detalle de la conexión de los componentes consultar el anexo (*Anexo A8*).

6.3. Desarrollo de aplicaciones software

Algunos de los componentes especificados anteriormente, ya disponen de su propio software para ser configurados.

El modulo CAN, COM-1273 y modulo modem GSM/GPRS y receptor GPS disponen de un software denominado FX FlexiSet, que permite configurarlos de manera simple.

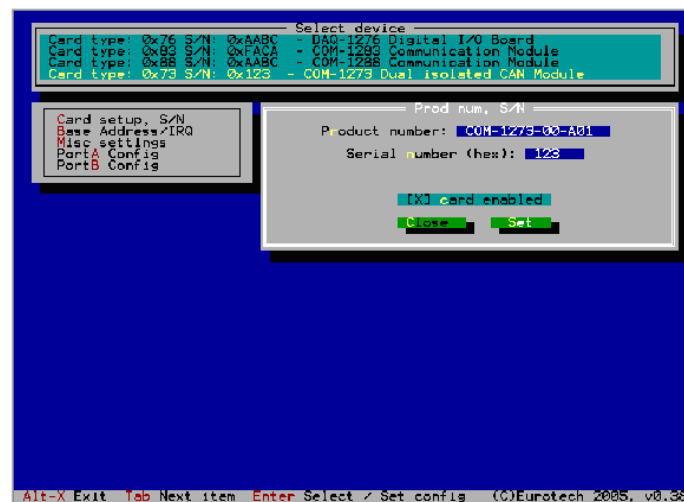


Fig. 6.9 Software de configuración FlexiSet. Pantalla del modulo COM-1273

En el caso del modulo de Wireless, existe un software denominado WLAN17202ER que contiene los drivers tanto para Windows como para Linux. [20].

Para el caso del PC/104, CPU-1451, éste también cuenta con un software interno para configurar todas sus conexiones, al igual que los ordenadores convencionales. Cuenta con un menú principal y con múltiples paginas para configuración general, dispositivos (por ejemplo, el modulo Bluetooth), comunicaciones, Bus ISA, PCI, etc.

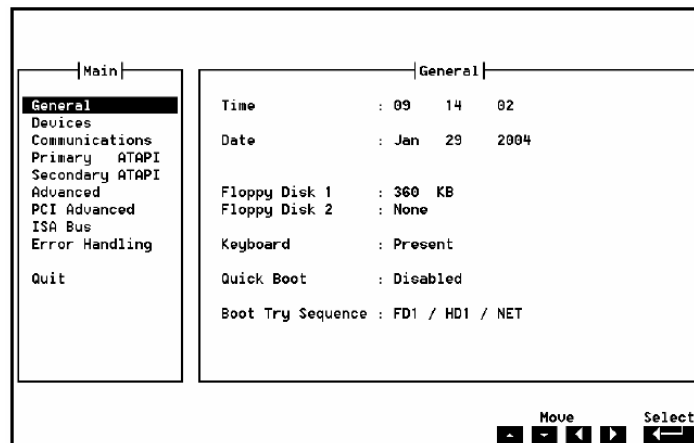


Fig. 6.10 Software de configuración CPU-1451

Por otra parte, el estándar TETRA permite desarrollar aplicaciones externas al sistema, utilizando protocolos estandarizados.

- *API (Application Programming Interface)*. Lenguaje de alto nivel para desarrollar aplicaciones de acceso a la red TETRA.
- *SDSI (Status and Short Data Service Interface)*. API para desarrollar aplicaciones de datos conectadas directamente al conmutador TETRA.
- *PEI (Peripheral Equipment Interface)*. Protocolo que permite conectar accesorios de datos, principalmente, los terminales TETRA, equipos GPS, etc.

Mediante este ultimo, el protocolo PEI, el Terminal MDT-400 seria conectado a la CPU-1451.

Tal como se han visto con las pruebas IP desarrolladas en el capítulo 3, es conveniente que las aplicaciones se adapten a la comunicación TETRA. Así que es conveniente que el sistema CPU-1451 pueda desarrollar ciertas habilidades para facilitar el envío de datos y reducir el tiempo de respuesta. Por ejemplo, sería interesante que el sistema dispusiera de una aplicación que antes de pedir los datos a una base de datos, mantuviera un dialogo con el servidor de la base de datos para ver si realmente la información sigue siendo la misma o no. En el caso de que no fuera la misma, el servidor la enviaría y el sistema la enrutaría hacia el usuario. Sin embargo, si es una información muy consultada seria recomendable, que además se la guardase en su memoria caché. Así frente a otra posible petición del usuario, el sistema volvería a mantener el dialogo con el servidor, pero al ser una respuesta negativa, el sistema proporcionaría los datos al usuario directamente desde su caché.

6.4. Valoración de las funciones

Una vez descritas las funciones que realizará el sistema y los componentes que formarán parte del mismo, para ver si se ha hecho un buen análisis se realizará el siguiente método.

Partiendo del principio de que “un producto es una unión de funciones”, uno de los parámetros de medición de la importancia de una función es su coste. En realidad, cuando se compra un producto, se puede decir que se compran las funciones y no los componentes.

Calcular el coste de una función permite medir su valor, o sea, su relación utilidad/coste para la empresa y su relación calidad/precio. El conocimiento del coste de las funciones permite medir las consecuencias económicas de la supresión o adición de una función y por tanto quizás también de un componente.

Tabla 6.1. Valoración de las funciones en %

Componentes Funciones	CPU 1451	GPS	CAN BUS	Bluetooth	WI-FI	MDT 400	Coste funciones
[1]Gestor comunicaciones	20	5	5	5	5	10	50
[2]Gateway	12	2	2	2	2	3	23
[3]Conexiones	7	1	1	1	1	1	12
[4]Informar posición GPS	5	5	0	1	1	3	15
Coste de los componentes [%]	44	13	8	9	9	17	Coste total: 100

Según lo observado la función más importante es la función 1, Gestor de comunicaciones. Ésta representa un 50% del coste total de todas las funciones. El componente que más coste representa para ésta función es el CPU 1451, núcleo de todo el sistema con un 44% del coste total de todos los componentes.

Por el bajo porcentaje de las funciones 2, 3 y 4 se observa, que existe una gran dependencia de éstas con la función 1.

CAPITULO 7. Plan económico y financiero

La viabilidad del sistema propuesto en los capítulos 5 y 6, depende de diferentes factores, entre ellos, económicos y financieros. Para ello se realizará una descripción de los costes necesarios para que el sistema pueda ser comercializado.

Durante el proyecto se deberán asumir diversos costes, tales como el de los componentes, costes de I+D y comercialización.

Tabla 7.1. Inversión necesaria en componentes

Componentes	Referencia	Ud.	Precio
PC embedded	CPU-1451-A 1	1	699
KIT para CPU-1451	CBL-1451-00	1	60
CAN	COM-1273-00	1	192
GSM/GPRS Y GPS + antenas	COM-1288-00	1	360
BLUETOOTH	BT7110ER-2	1	344
WIRELESS	WLAN17202ER	1	422
Antena WI-FI /Blue. + cable	XK-CM50	2	130
Terminal TETRA + Antena	MDT-400	1	1500
Convertidor 24-12V	DD 24-12 240	1	86,60
Caja Integradora			175
	TOTAL		4033.6

Tabla 7.2. Inversión total según costes de I+D y comercialización

Costes de I+D y comercialización	Coste u.d.persona/mes	Ud.	Coste total
Desarrollo	7560	24	181.440
Pruebas	7560	4	30.240
Acciones comerciales	10080	12	120.960
		Total	332.640

Para realizar el producto se deberán adquirir los componentes cuyo precio es de 4033.6 Euros. Posteriormente, se deberán tener en cuenta los costes de I+D y comercialización del producto. Dos técnicos dedicarán 45 h en desarrollo durante un tiempo de un año. Una vez desarrollado realizarán pruebas sobre un prototipo durante dos meses, con dedicación de 60h por persona.

Para poder comercializar el producto, será necesario establecer acuerdos con los diferentes sistemas de seguridad y emergencias, y hacerles conocer el producto. Un producto con un mercado tan especializado requiere entablar relaciones y contratos con la compañías, consistentes en gran cantidad de unidades a proveer durante periodos concretos. Como parte de este

procedimiento comercial, es también necesario realizar demostraciones del sistema adaptadas a las necesidades del cliente, con el coste que ello conlleva.

A raíz de lo comentado anteriormente, se prevé que el coste total será de 332.640 Euros.

Dado que la inserción del producto en todo el mercado disponible no es instantánea, se ha previsto una ventas reducidas durante el primer año. Pero a medida que se haga patente su funcionalidad, aumentará la cartera de clientes (o los ya existentes aumentaran la demanda) y las ventas del producto se irán incrementando durante los tres primeros años siguientes

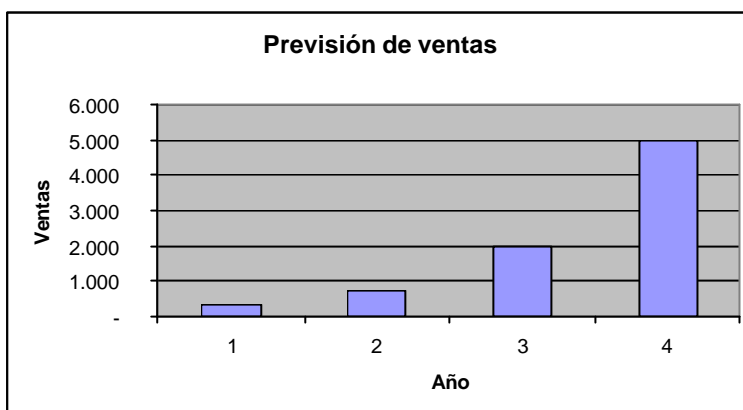


Fig. 7.1 Evolución de las ventas

Tabla 7.3. Previsiones económicas

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Previsión de ventas (uds)	300	700	2.000	5.000
Coste materiales	1.210.080	2.823.520	8.067.200	20.168.000
Coste de producción (15%)	181.512	423.528	1.210.080	3.025.200
Amortización inversión (I+D y comercialización)	83.160	83.160	83.160	83.160
Coste total	1.474.752	3.330.208	9.360.440	23.276.360
Margen (30%)	442.426	999.062	2.808.132	6.982.908
Impuestos (35%)	154.849	349.672	982.846	2.444.018
Ingresos totales	2.072.027	4.678.942	13.151.418	32.703.286
Precio venta unitario orientativo	6.907	6.684	6.576	6.541

El primer año se estima producir 300 unidades lo cual supondrá un coste total de 1.474.752 Euros. Con unos ingresos suponiendo aproximadamente un margen del 30% y unos beneficios del 35% de 2.072.027 Euros. Finalmente suponiendo todos estos costes, el precio de venta unitario orientativo del producto sería de 6.907 Euros.

CAPITULO 8. Conclusiones

Los sectores de seguridad y emergencias han ido evolucionando a lo largo de los años. Estos sectores ya no solo requieren disponer de una buena cobertura y calidad de sus comunicaciones de voz, sino también de poder disponer de servicios de datos.

A partir de los capítulos anteriores se ha demostrado que el estándar TETRA V+D también puede proporcionar servicios de datos. TETRA ofrece al sector de seguridad y emergencias, mayores ventajas que los otros sistemas. Fue desarrollado especialmente para éstos y se seguirá actualizando en función de los nuevos requerimientos de este sector.

Dentro del estándar TETRA V+D, existen en el mercado aplicaciones basadas en servicios de mensajes de estado y mensajes cortos tales como; difusión de alertas, control remoto de equipos, transmisión de medidas ambientales, seguimiento de la resolución de incidencias, etc. Sin embargo, este estándar también fue diseñado para poder proporcionar aplicaciones basadas en el protocolo IP pero tal y como se ha visto en el capítulo 4, aplicaciones de datos como acceso a bases de datos, transmisión de ficheros, acceso a intranet o Internet, etc. todavía no son explotadas.

A partir de las pruebas realizadas, se ha comprobado que el envío de datos sobre TETRA, es posible. Aún así, hay ciertas consideraciones a tener en cuenta.

El acceso a la red mediante IP sobre TETRA, se realiza mediante un único time slot a una velocidad máxima de transmisión de unos 3 Kbps. Esta baja tasa de transmisión crea la necesidad de desarrollar aplicaciones adaptadas al canal. Tanto desarrolladores como operadores de red deberán por tanto intentar optimizar al máximo el servicio de datos en TETRA.

La necesidad de que un producto pueda soportar comunicación de datos vía TETRA para seguir garantizando la privacidad y fiabilidad en la comunicación es una exigencia latente en el mercado.

Se ha identificado la necesidad de un producto como el descrito en este estudio en los capítulos 5 y 6. La solución tenía como principal requerimiento que fuera un dispositivo escalable y adaptable. Por ese motivo, ha estado diseñada mediante una arquitectura modular.

El núcleo del sistema ha sido un PC embedded tipo PC/104. Este tipo de sistemas embebidos dan esta facilidad de configuración y de escalabilidad requerida para esta aplicación. A partir de este módulo, es posible ir añadiendo diferentes módulos de forma apilada unos encima de otros, según el tipo de aplicaciones exigidas por el usuario. Además, el hecho de que el sistema sea embarcado en vehículos, ha provocado que el sistema tuviera que estar aislado mediante una caja metálica.

Con este sistema, se piensa que la necesidad de emplear el servicio de datos queda cubierta. El usuario del vehículo podrá convivir con él, sin necesidad de disponer de otro sistema, en el sentido de que tendrá toda la tecnología de información en una única caja. El usuario podrá emplear el sistema tanto dentro del vehículo como fuera del vehículo. Los usos en el interior del vehículo podrán ser los mismos que hasta ahora, el usuario podrá realizar llamadas de voz usando simplemente el terminal radio a través del micrófono o podrá enviar mensajes cortos SDS a través del frontal del terminal TETRA, ubicados en el salpicadero.

Sin embargo, también podrá gestionar toda la parte mecánica del vehículo sin necesidad de verificar manualmente elementos como presión de las ruedas, contenido del depósito, velocidad, etc. Pudiendo incluso mediante el sistema, enviar alarmas de forma automática hacia el centro de control vía SDS, informando de los parámetros críticos del vehículo o informar de su posición gracias al GPS integrado también en el sistema.

El usuario además tendrá la posibilidad de enviar datos a partir de cualquier dispositivo con conexión vía Bluetooth, USB, RS-232/485 o Ethernet. Simplemente deberá conectarlo y el sistema podrá enrutar los datos hacia el destino deseado.

En el caso, de que un usuario tuviera que abandonar el vehículo, éste podrá tener totalmente informado tanto al usuario que se quede dentro, como al centro de control gracias a la incorporación de una red W-Fi encriptada y protegida con los mejores mecanismos de autenticación posibles.

Finalmente, cabe destacar que la solución planteada se considera viable técnica y económicamente, por ser altamente modular tanto por la posible redefinición de las funciones como por la posible reestructuración de los componentes dentro de los vehículos. Además el hecho de que integre un modem GSM/GPRS, aunque de momento no se haya definido ninguna función para él, permite al sistema implementar en un futuro próximo sistemas de comunicación alternativos.

CAPITULO 9. Líneas futuras e Impacto ambiental

9.1 Líneas futuras

Los nuevos requerimientos por parte de los usuarios han hecho que estos últimos años se empezara a desarrollar un nuevo estándar TETRA release 2 para mejorar las limitaciones de la primera versión.

	TETRA 1 Circuit Data	TETRA 1 Short Data Services	TETRA 1 Single Slot Packet Data	TETRA 1 Multi-slot Packet Data	HOY TETRA 2 High Speed Data
Busquedas en bases de datos		★	★	★	★
AVL		★	★	★	★
Email			★	★	★
Transferencia de imagenes			★	★	★
Video lento				★	★
Calidad servicio en video					★

■ No conveniente
 ■ Indicado
 ★ Efectivo

Fig. 9.1 Evolución estándar TETRA

Hoy en día la evolución del estándar se encuentra entre TETRA 1 Multi-Slot y TETRA 2 High Speed data. Sin embargo, esto no quiere decir que todas las redes ya dispongan de multi-slot. La red estudiada, por ejemplo, es TETRA 1 Single slot packet data. Esto implica, que la evolución de todas las redes comerciales hacia TETRA release 2, tardará todavía en llegar.

Los servicios ofrecidos finalmente llegarán incluso a disponer de calidad de servicio y esto hará que aun todavía más TETRA se consolide como el mejor estándar para comunicaciones profesionales.

La solución propuesta gracias a su diseño escalable podrá por tanto adaptarse sin ninguna complicación a esta situación de evolución.

En un futuro la solución aparte de tener un sistema de backup basado en GSM (2G) y GPRS(2.5G) podría añadir soporte para UMTS (3G) y así trabajar con la tecnología más conveniente. Además se podría incluir el estándar WIMAX aunque se debería estudiar según el caso, pues este estándar está mas enfocado a crear redes MAN, que no LAN, e incluso podría ser también un sistema de backup como el UMTS.

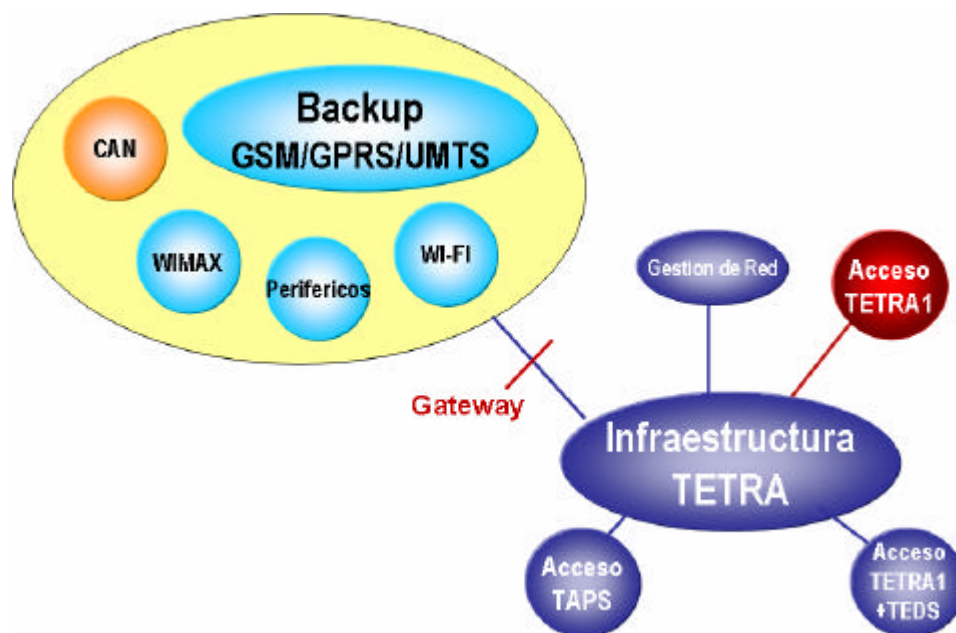


Fig. 9.2 Esquema evolución del sistema gateway embarcado en vehículos

9.2 Impacto ambiental

El entorno principal empleado por el sistema propuesto es TETRA. El disponer de una única red digital de amplia cobertura para N redes de usuarios, provoca una reducción en el número de estaciones bases a instalar. Por ejemplo, en Cataluña con tal solo 135 estaciones bases repartidas a través de las cuatro provincias se da cobertura a múltiples usuarios, que van desde protección civil, bomberos, ambulancias, servicios meteorológicos, etc. Esta integración de todos los servicios de seguridad y emergencias en una única red, provoca así una gran optimización del espectro, siendo unas cuatro veces superior respecto a los sistemas analógicos.

Respecto a los componentes empleados en el sistema, estos podrían ser perfectamente reciclables. Al tratarse de módulos apilados, el sistema podrá ser modificado según las necesidades que vayan surgiendo.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- [1] Third-Generation Partnership Project, 3GPP. Página Web, URL <<http://www.3gpp.org>>
- [2] Universal Mobile Telecommunications System, UMTS Forum. Página Web, URL <http://www.ums-forum.org/>
- [3] Third-Generation Partnership Project two, 3GPP2. Página Web, URL <<http://www.3gpp2.org>>
- [4] OSA/Parlay <http://www.parlay.org/en/index.asp>
- [5] Programa IPERF, generador de flujo UDP y TCP. Página Web, URL <<http://dast.nlanr.net/Projects/lperf/>>
- [6] Modulo Deflate del servidor Apache. Página Web, URL <http://httpd.apache.org/docs/2.0/es/mod/mod_deflate.html>
- [7] Servidor FTP Filezilla. Página Web, URL < <http://filezilla.sourceforge.net/>>
- [8] Tetra Mou Association. Página Web, URL < <http://www.tetramou.com/>>
- [9] Knosos consultoría e ingeniería de soluciones de comunicación. Página Web, URL <<http://www.knosos.es/productos22.html>>
- [10] Advanced, soluciones GPS. Página Web, URL <<http://www.advanced.es/sng310.htm>>
- [11] Datatronics, suministrador de soluciones integrales en hardware y software. Página Web, URL <<http://www.datatronics.es/>>
- [12] PC embedded, CPU-1451 de Eurotech. Página Web, URL <<http://www.eurotech.fi/products/CPU-1451.html>>
- [13] Módulo GSM/GPRS y receptor GPS de Eurotech. Página Web, URL <<http://www.eurotech.fi/products/COM-1288.html>>
- [14] Módulo CAN BUS, COM 1273 de Eurotech. Página Web, URL <<http://www.eurotech.fi/products/COM-1273.html>>
- [15] Terminal radio Teltronic, MDT-400. Página Web, URL <http://www.teltronic.es/filesUpload/mdt400_sp_v5.pdf>
- [16] Modulo de Wireless LAN de RTD. Página Web, URL <<http://www.rtd.com/PC104/UM/network/WLAN17202.htm>>

- [17] Modulo Bluetooth de RTD. Página Web, URL, <http://www.rtd.com/PC104/UM/network/BT7110.htm>
- [18] Conversor 24- 12V de Alfatronix. Página Web, URL http://www.radcom-radio.com/index.shtml?file=/alt/mapa_web.html
- [19] Caja metálica hecha a medida. Página Web, URL <http://www.retex.es/>
- [20] Software con drivers modulo WLAN. Página Web, URL http://www.rtd.com/software_drivers.htm
- [21] Tassinari, R. (1994) El Producto adecuado. Práctica del análisis funcional. Marcombo Boixareu editores. Barcelona.
- [22] TETRA release 2. Página Web, URL <http://www.etsi.org/etsi%5Fradar/cooking/rub7/tetra.htm#>
- [23] TETRA MasterClass IP over TETRA and TETRA over IP, 28th November – 1st December 2005.
- [24] Hernando Rábanos, J. (1998) Ingeniería de sistemas Trunking. Editorial Sintensis. Madrid
- [25] ETS 300 392-1: Terrestrial Trunked Radio (TETRA): Voice plus Data (V+D);

ANEXOS

ANEXO 1. Técnicas de multiacceso

1. Acceso múltiple por división en frecuencia FDMA (Frequency División Multiple Acces)

A cada usuario se le asigna una frecuencia distinta, pero todos transmiten en el mismo instante de tiempo.

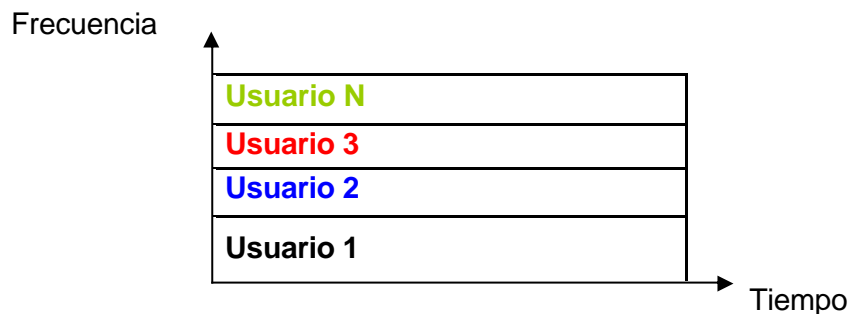


Fig. A1.1 Ejemplo técnica de acceso TDMA

Características acceso mediante FDMA:

1. Compatibilidad con modulaciones y señales analógicas y digitales.
2. Dificultad de inserción de canales de señalización en modo simple.
3. Dificultad para adaptar flujos de tráfico variables.
4. Estaciones bases complejas.

2. Acceso múltiple por división en el tiempo TDMA (Time División Multiple Acces)

Esta técnica de acceso permite que los usuarios compartan la misma frecuencia en breves instantes de tiempo que se van repitiendo periódicamente. A cada usuario se le asigna un intervalo de tiempo para transmitir.

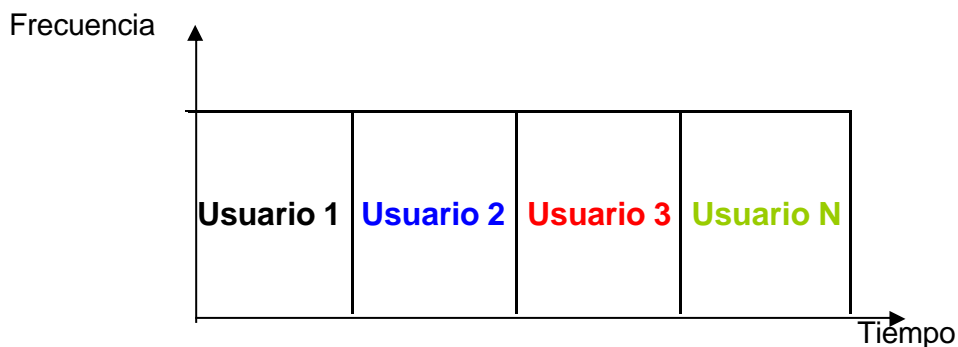


Fig. A1.2 Ejemplo técnica de acceso TDMA

Características acceso mediante TDMA:

1. Empleada con modulaciones digitales
2. Es necesaria una sincronización temporal estricta para evitar colisiones entre ráfagas de diferentes usuarios.
3. Simplicidad en las estaciones base. Con un único transmisor se permiten N comunicaciones.
4. Se puede adaptar un tráfico de flujo variable, asignando varias ráfagas a un usuario, ya que este sistema inserta canales de señalización en modo simple.
5. Cada una de las portadoras permite la transmisión bidireccional de 12 canales diferentes, en diferentes instantes de tiempo, y en el formato de ráfagas.

3. Acceso múltiple por división de código CDMA (Code División Multiple Acces)

Los sistemas de espectro ensanchado ("Spread Spectrum" en inglés) presentan un modo de transmisión en el que la señal ocupa un ancho de banda mayor que el estrictamente necesario para enviar la información.

El ensanchamiento en frecuencia se lleva a cabo mediante el uso de una secuencia código independiente de la señal de información. Así los usuarios comparten la misma frecuencia y tiempo, pero se distinguen entre ellos porque a cada usuario se le multiplica su señal por un código digital ortogonal único para cada uno.

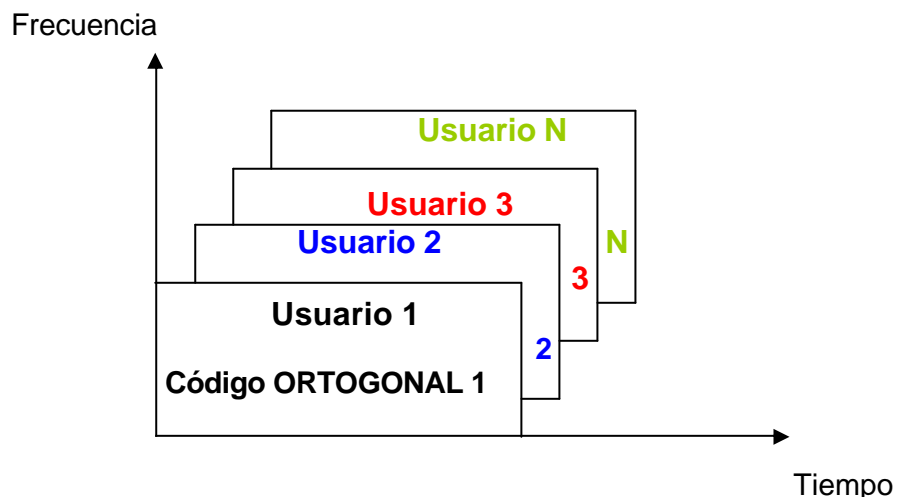


Fig. A.3 Ejemplo de representación en CDMA

A continuación se comentan brevemente algunas características de CDMA:

1. La información a transmitir debe estar digitalizada. Se utiliza asociada a modulaciones digitales.
2. Realiza una expansión del espectro.

3. Requiere una estricta sincronización temporal y control de potencia (Ningún código se puede diferenciar o destacar sobre otro, porque uno se escucharía mejor que otro, la potencia en la estación base debe ser idéntica para todos los móviles)
4. Mejor comportamiento frente a interferencias cocanal y distorsión debida a la propagación radioeléctrica.
5. Suele tener un funcionamiento mejor o peor porque es dependiente del número de usuarios. El radio de cobertura cambia continuamente dependiendo del número de usuarios. Siempre se pueden añadir usuarios al sistema a costa de aumentar el nivel de interferencia entre usuarios provocando un aumento de la probabilidad de error en el bit.
6. Inmunidad y diversidad inherentes frente a interferencias
7. Plan de reuso de frecuencias más sencillo y flexible. Soporta un reuso universal (cluster de tamaño 1). En CDMA no hay planificación frecuencial.
8. Convivencia con otros sistemas de banda estrecha
9. Mayor flexibilidad para acomodar servicios de naturaleza estadística distinta.

4. Modo de explotación

- **Modo simplex a una frecuencia.** Se utiliza la misma frecuencia para cada sentido de la comunicación. Se utilizan conmutadores en los terminales para cambiar entre transmisión y recepción.
- **Modo simplex a dos frecuencias.** Se utilizan dos frecuencias distintas para cada sentido de la comunicación. Se utilizan conmutadores en los terminales.
- **Modo semiduplex.** Se utilizan dos frecuencias distintas para cada sentido de la comunicación. En la estación móvil se usa un conmutador y en la estación base un filtro duplexor.
- **Modo duplex.** Se utilizan frecuencias distintas para los dos sentidos de la comunicación. Tanto el terminal móvil como la estación base disponen de filtros duplexores.

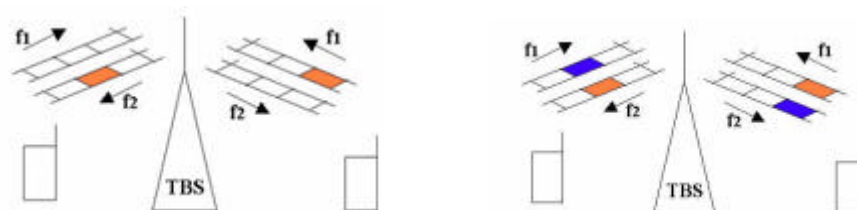


Fig. A1.4 Comunicación semi-duplex y Comunicación duplex

ANEXO 2. Sistema TETRA

El sistema **TETRA** es un estándar abierto de comunicaciones inalámbricas elaborado por la **ETSI** en 1995 para aplicaciones PMR y PAMR.

El proceso de estandarización no fue inmediato y se realizó en dos fases. En la primera fase, se tomaron las primeras acciones para su estandarización siendo comenzadas por la ETSI en 1988, justo cuando se empezaban a instalar los primeros sistemas de trunking analógicos. Estas acciones hicieron entre muchas otras, que en 1991 se estableciera la tecnología TDMA como método de acceso, con cuatro canales en cada portadora de 25 KHz. La facilidad de adaptación del nuevo estándar se hacía así más viable puesto que la mayoría de sistemas PRM empleaban un ancho de banda de 25 KHz. En 1997, se consideró que el estándar ya estaba al 100% completado y se comenzó la segunda fase instalándose los primeros sistemas. Desde entonces, el número de redes PMR basadas en TETRA son considerables y es en la actualidad una de las opciones más interesantes dentro del mercado de PMR.

Apoyado por multitud de fabricantes, una asociación denominada Tetra Mou (TETRA *Memorando of Understanding*) y la comisión Europea, es hoy en día el único estándar digital de radio de la ETSI. Su desarrollo es realizado por la propia ETSI mediante un grupo específico de desarrolladores, denominado EP TETRA (*Etsi Project Tetra*).

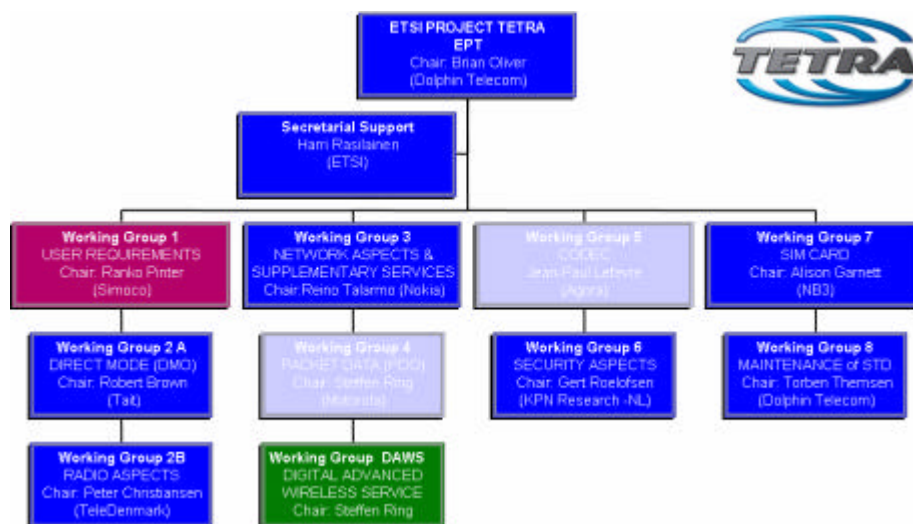


Fig. A2.1 Esquema del EP TETRA.

Tal y como se observa en la figura precedente, el EP TETRA está estructurado por 8 grupos de trabajo dedicados a supervisar individualmente una parte del estándar. En el caso de que alguien quisiese modificar o mejorar ciertas partes del estándar se debería seguir una política de sucesiones a través de todos los grupos. Normalmente lo que se suele hacer es plantear el requerimiento y debatirlo con el EP TETRA. Seguidamente sería necesaria la aprobación del

WG1 y si es aprobado por estos, sería planteado como un trabajo a realizar por el EP TETRA, posicionándolo definitivamente en el grupo de trabajo adecuado.

TETRA ofrece una amplia gama de facilidades, muy adecuadas para los operadores de servicios troncales, que abarca desde aplicaciones para redes privadas a grandes sistemas públicos, manteniendo las características básicas de los sistemas PMR. Entre las prestaciones de TETRA cabe destacar las siguientes:

- Sistema abierto y estándar. Una única normativa y varios fabricantes de equipos.
- Red Trunking: recursos compartidos
- Gran eficiencia espectral; Optimización del espectro radioeléctrico, al proporcionar cuatro canales (time slots) en 25 KHz.
- Interconexión con otras redes (analógicas, telefonía, etc.)
- Diversidad de servicios de voz (comunicaciones en grupo, llamadas individuales, llamadas de emergencia, DMO)
- Algoritmos de corrección de errores: Excelente calidad de comunicación
- Gestión de prioridades de grupos y usuarios.
- Seguridad (autenticación, encriptación integral extremo-a-extremo, bloqueo de equipos robados, etc.)
- Rapidez en el establecimiento de la comunicación.
- Alta calidad de las señales de voz y datos

A continuación se expondrán brevemente algunas de las características del sistema TETRA para tener una visión general:

A.2.1 Estándares TETRA

Hay dos modos básicos de funcionamiento definidos por TETRA. Ambos utilizan la misma separación entre portadoras y el mismo esquema de modulación. Sin embargo, ambos sistemas no son compatibles entre sí y sustentan sus propios servicios.

Estos dos estándares reciben el nombre de TETRA Voice plus Data (V+D) y TETRA Packet Data Optimished (PDO). El primero de ellos está orientado a la transmisión de voz y datos y es el modo convencional de operación para aplicaciones de telefonía y de datos. Especificado por las serie ETS 300 392 de la ETSI, la primera edición del estándar fue publicada en 1996 y la segunda en el año 2000.

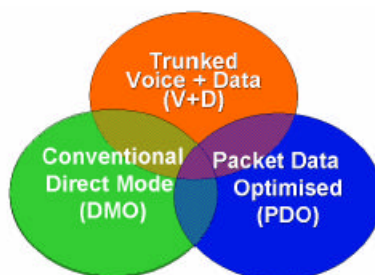


Fig. A2.2 Estándares TETRA

El segundo de los estándares (PDO) está dedicado a la transmisión exclusiva de datos y permite el establecimiento de servicios como la mensajería vocal, el correo electrónico, el intercambio electrónico de datos y la informática vehicular, como la localización y gestión de tráfico de vehículos. Está especificado según las series ETS 300 393 del ETSI y la primera edición fue publicada en el año 1996. No obstante, no se tiene constancia que exista ninguna red TETRA de este tipo en el mundo. Es por ello que a partir de ahora todo lo que se especifique sobre el estándar TETRA estará enfocado al estándar TETRA V+D que permite tanto voz como transmisión de datos pero a nivel de conexión de circuitos y es el estándar que presenta el entorno de trabajo de este proyecto.

A.2.2 Bandas de frecuencia

A diferencia de lo ocurrido con normas como GSM o DECT, en las cuales se alcanzó desde el comienzo un acuerdo sobre la reserva de bandas de frecuencias, en TETRA no ha existido tal acuerdo inicial. El grupo ERO (*European Radio Office*) de la CEPT (*European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) recomendó para TETRA las siguientes bandas:

- 380-390/390-400 MHz
- 410-420/420-430 MHz
- 450-460/460-470 MHz
- 870-888/915-933 MHz

La banda 380-390/390-400 MHz está destinada para el uso exclusivo de los cuerpos de seguridad y para los servicios de emergencia. Se ha liberado en gran parte de Europa con la intención de que haya una banda común en todo el continente que permita la itinerancia entre redes y se pueda así facilitar la colaboración entre los cuerpos de seguridad de distintos países.

Respecto a aplicaciones comerciales, los primeros equipos del mercado trabajan en la banda de 410-430 MHz. Parece que esta banda se dedicará para usos civiles, lo cual, como en el caso anterior, abre las puertas a la itinerancia entre los operadores de redes PAMR a nivel europeo. Como alternativa para casos en los que no se pueda utilizar la banda de 410-430 MHz se ha propuesto la banda de 450-470 MHz.

Por último, las bandas 870-888/915-933 se destinan a sistemas móviles con asignación dinámica de canales para voz o datos.

A.2.3 Interfaces TETRA

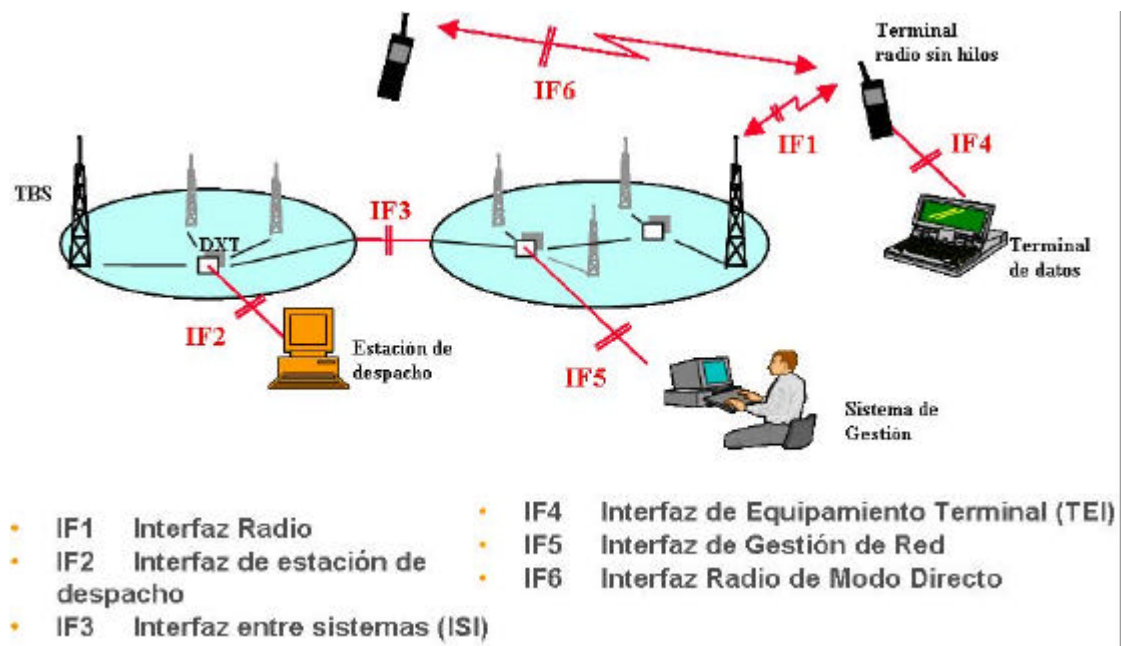


Fig. A2. 3 Interfaces TETRA

A.2.4 Servicios TETRA

El desarrollo de la norma TETRA se ha orientado a potenciar los servicios que se requerirán en las modernas aplicaciones de PAMR. Se aprovecha además la flexibilidad que ofrece la técnica TDMA para proporcionar transmisiones simultáneas de voz y datos. Se ofrecen diferentes velocidades de datos, de hasta 28.8 Kbps para servicios de datos en modo circuito, dependiendo de los canales asignados a la comunicación y el grado de protección de los datos, como se ve en la Tabla A2.1..

Tabla A2.1 Tabla velocidad de transmisiones

Número intervalos empleados	Sin protección	Baja protección	Alta protección
1	7.2 Kbps	4.8 Kbps	2.4 Kbps
2	14.4 Kbps	9.6 Kbps	4.8 Kbps
3	21.6 Kbps	14.4 Kbps	7.2 Kbps
4	28.8 Kbps	19.2 Kbps	9.6 Kbps

Cualitativamente, los servicios que puede ofrecer el sistema TETRA se pueden ver en la Tabla A2.2. y *Tabla A.2.3*

Tabla A2.2 Servicios que ofrece TETRA más detalladamente

Servicios portadores	Teleservicios
Comunicaciones de datos para conmutación de circuitos. Comunicaciones no cifradas a 7.2, 14.4, 21.6 y 28.8 kbps y Comunicaciones cifradas a 2.4, 4.8, 7.2, 9.6, 14.4 y 19.2 kbps	Llamada individual Llamada de grupo Llamada de difusión Llamada de grupo con reconocimiento
Comunicación de datos para conmutación de paquetes orientada a conexión (X.25)	Servicio de datos cortos SDS
Comunicación de datos para conmutación de paquetes no orientada a conexión (IP)	Mensajes de estado (STATUS)
Servicios suplementarios básicos	Servicios suplementarios opcionales
Autorización de llamadas por despacho	Identificación de llamante/llamado
Selección de área	Asignación dinámica de grupo
Prohibición de llamada	Identificación de hablante en llamada de grupo
Incorporación tardía a una llamada en curso	Redireccionamiento de llamadas
Escucha directa Activación remota de escucha en ambiente	Marcación abreviada
Asignación dinámica de grupo Cambio de prioridad de acceso	Llamada en espera
Llamada de prioridad Llamada de emergencia, etc.	Limitación de llamadas entrantes/salientes, etc.

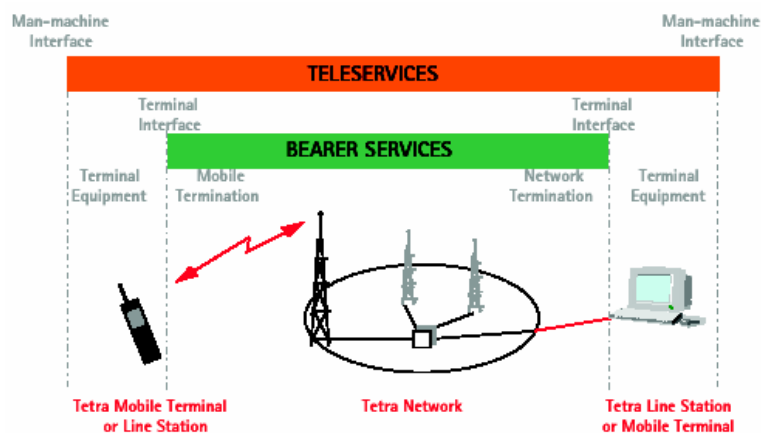


Fig. A2.4. Servicios que ofrece TETRA esquemáticamente

A.2.5 Características interfaz aire

- Estructura de la Trama TDMA

TETRA es un sistema digital con multiacceso por división de tiempo TDMA, por lo cual cada usuario transmite y recibe la información en forma de ráfagas de bits, separadas por intervalos.

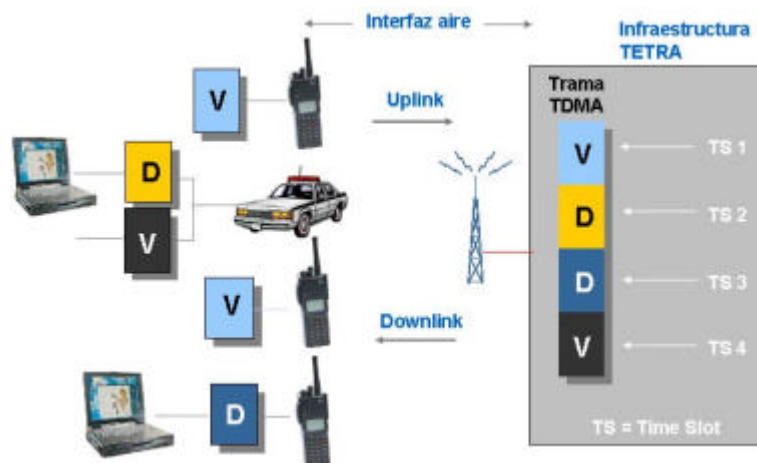


Fig. A2.5. Acceso usuarios

El codec empleado en TETRA para codificar la voz pertenece a la familia CELP (Code Excited Linear Predictiva) que utilizan algoritmos de análisis-síntesis. En transmisión se extraen, mediante análisis, los parámetros formantes de la voz, que se transmiten codificados en binario. En recepción se sintetiza la señal de voz a partir de esos parámetros.

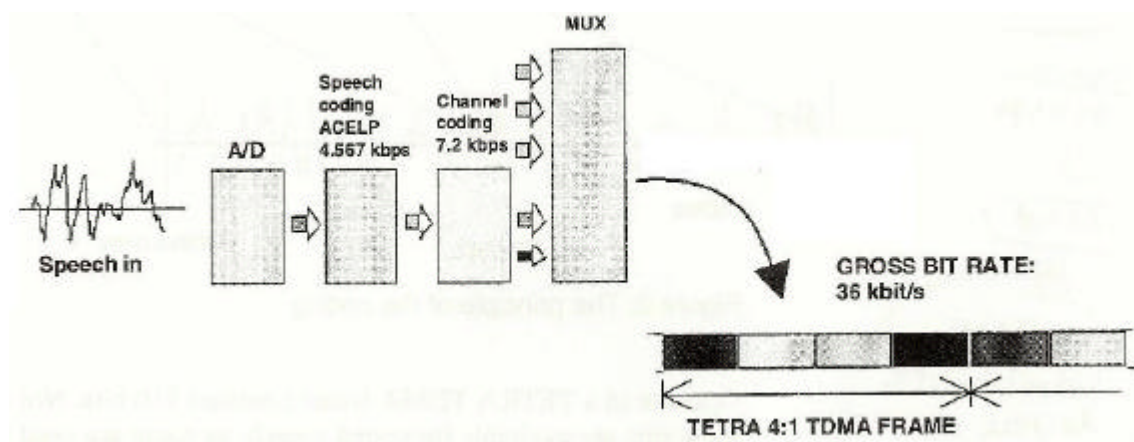


Fig. A2.6 Codificación de la voz

Para la aplicación de V+D, la técnica de multiacceso es TDMA con estructura jerárquica.

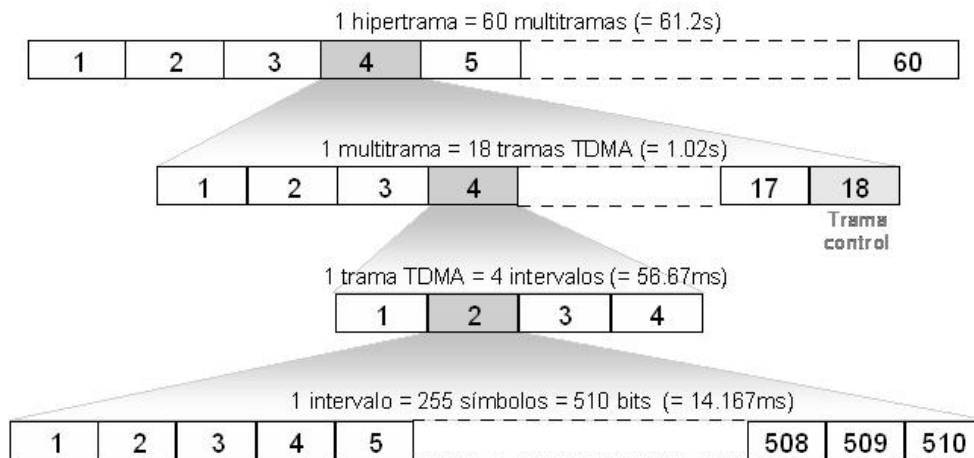


Fig. A2.7. Estructura de la trama

En el nivel inferior de la jerarquía está el intervalo (slot) que es la unidad básica de la trama TDMA. En cada intervalo se codifican, 60 ms de voz, 14.167 ms que equivale a una capacidad de 510 bits. Cada 18 tramas, existe una trama de control (trama 18) y el contenido en bits se denomina ráfaga.

Así la tasa efectiva para voz sería de: 274 bits útiles de 510 bits.

Voz (274 bits/slot) x 17 slot / 1.02 s = 4.567 Kbps

Y para datos: 432 bits de 510 bits para datos, señalización, etc.

(432 bit/slot) x (17 slot)/1.02 s = 7.2 Kbps.

7,2 Kbps x 4 intervalos= 28,8 Kbps transmisión en 1 trama TDMA (una portadora) sin protección.

- **Modulación**

TETRA utiliza una modificación de la modulación O-QPSK (Offset-Quadrature Phase Shift Keying) concretamente una modulación $\pi/4$ -DQPSK de tipo cuaternario diferencial y en la que se añaden incrementos de fase de $\pi/4$ -DQPSK en cada salto de fase de dos bits con lo que se logra una notable reducción de los lóbulos laterales que pueden afectar a los canales adyacentes. El filtro conformador empleado es un coseno alzado con un parámetro de caída progresiva $a = 0.35$ y la velocidad de la modulación es de 36 Kbps.

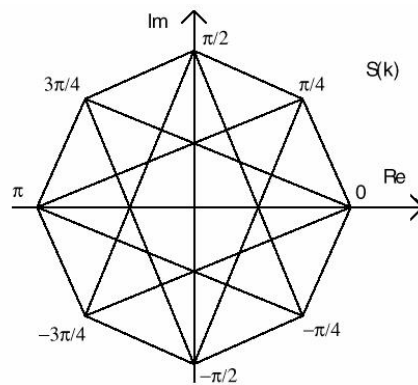


Fig. A2.8. Constelación de símbolos de la modulación $\Pi/4$ -DQPSK

- **Modos de Operación**

Las modalidades de operación son activadas por los terminales de radio TETRA no por la infraestructura de la red.

- Trunked Mode Operation (TMO)*: El terminal está registrado y controlado por la red.
- Direct Mode Operation (DMO)*
 - Comunicación directa entre terminales sin pasar por la red.



Fig. A2.9. Modo Directo

- Comunicación a través de un repetidor.



Fig. A2.10. Modo directo con repeater

- Comunicación con la red a través de un gateway.

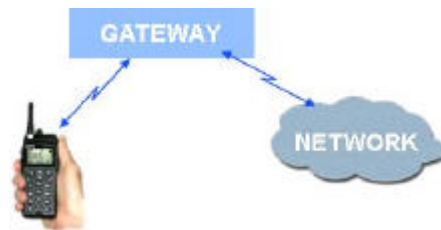


Fig. A2.11 Modo directo con Gateway

- **Modos de Tráfico**

El sistema TETRA soporta los siguientes modos de tráfico:

- a. Comunicaciones semi-dúplex*
- b. Comunicaciones dúplex o full-dúplex*
- c. Comunicaciones simplex en el modo de operación directo DMO.*

- **Tipos de canales**

En la tecnología TETRA se definen dos tipos de canales, los físicos y los lógicos.

El canal físico es el intervalo de la trama TDMA, y puede transportar diferentes tipos de canales lógicos.

Se han definido tres clases de canales físicos:

1. Canal físico de control (CP); usado para la señalización entre radio-red.
2. Canal físico de tráfico (TP); para tráfico de voz y datos.
3. Canal físico no asignado (UP); canal libre.

En cambio, los canales lógicos presentan un camino de datos entre dos o más puntos de la red.

Los canales lógicos se pueden dividir en dos grupos:

1. *Canales de control (CCH)*; transportan exclusivamente mensajes de señalización e información de datos en modo paquete. En la figura A2.X se pueden observar los tipos de canales de control:

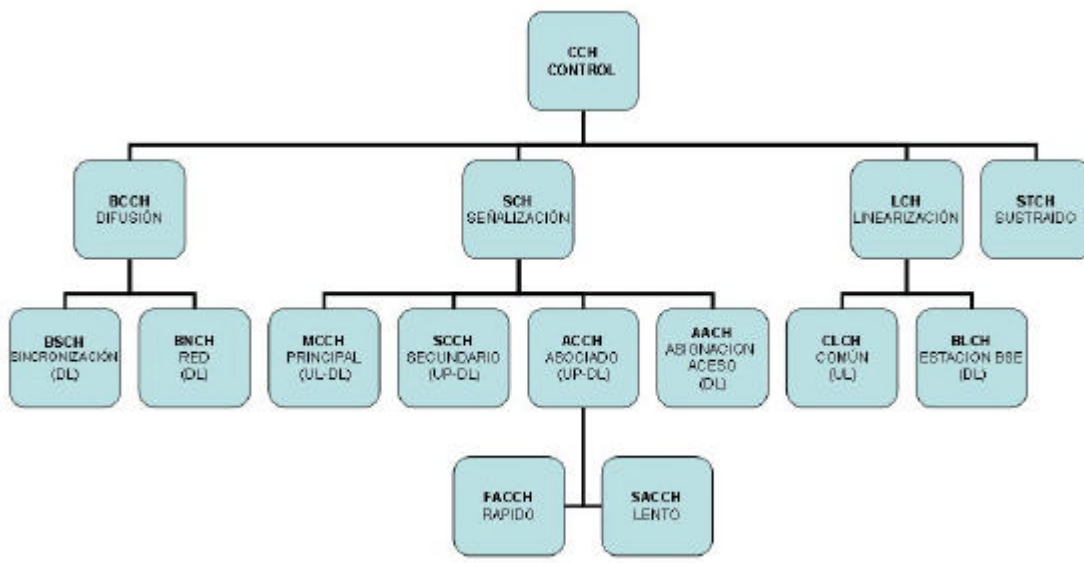


Fig. A2.12. Canales lógicos de control (CCH)

2. *Canales de tráfico (TCH)*; transportan voz y datos en modo circuito.

Los canales de tráfico transportan mensajes de voz o de datos mediante conmutación de circuitos. Se subdividen en canales telefónicos, que se designan con la notación TCH/S y se emplean únicamente para la transmisión de voz y en canales mixtos para voz y datos, de los cuales, según la velocidad de datos se han definido los siguientes:

- TCH/7.2 (velocidad neta de 7.2 Kbps)
- TCH/4.8 (velocidad neta de 4.8 Kbps)
- TCH/2.4 (velocidad neta de 2.4 Kbps)

• Tipos de llamadas

Existen cinco tipos de llamadas en un sistema TETRA:

1. *Llamada Individual*; entre dos usuarios de la red mediante su número identificativo. Puede ser semi-duplex o duplex y además se pueden limitar los derechos de un usuario a enviar y/o recibir llamadas individuales. Finalmente, también es posible limitar la duración máxima de las llamadas individuales.
2. *Llamada Directa*; es una llamada instantánea entre dos terminales de la red sin que haya aceptación de la llamada (no se descuelga). Es semi-duplex y la llamada finaliza después de un tiempo de inactividad o después de de colgar la llamada.
3. *Llamada de Grupo*; determinada por un conjunto de estaciones base que le proporcionan cobertura y un conjunto de usuarios que tienen derechos

de acceso a él. La llamada de grupo es recibida por todos los usuarios con acceso al grupo que estén bajo su cobertura y lo tengan seleccionado. Es semi-dúplex. La llamada finaliza después de un tiempo de inactividad y se establece un tiempo máximo, configurable, para el turno de palabra.

4. *Llamada de Emergencia*; en caso necesario (todos los recursos ocupados) la red cortará otras llamadas para poder establecer la llamada. Puede ser individual o de grupo y por supuesto es de prioridad máxima. En el caso de cortar una llamada en curso se tendrán en cuenta las prioridades y la antigüedad de las llamadas establecidas hasta el momento.
5. *Llamada de Difusión*; es unidireccional (DWS → Terminales). Su objetivo es difundir informaciones, ordenes en general, desde los centros de control hacia conjuntos de terminales. Se basa en un grupo programado al terminal monitorizado, constantemente, y no visible ni accesible por parte del usuario. Y es el centro de control el que puede gestionar diferentes grupos de broadcast, agrupando terminales, etc.

• Gestión de colas y prioridades

El estándar TETRA establece que los diferentes usuarios de la red tendrán asignado un valor de prioridad que permita gestionar los recursos de la red en caso de saturación de ésta. Este sistema de prioridades afecta a todos los tipos de llamada descritos anteriormente.

Las llamadas sin recursos quedarán en espera creándose una cola de llamadas ordenada según prioridades de los llamantes o tiempo en cola. Para mantenerse en la cola de espera es necesario mantener presionado el PTT de los terminales.

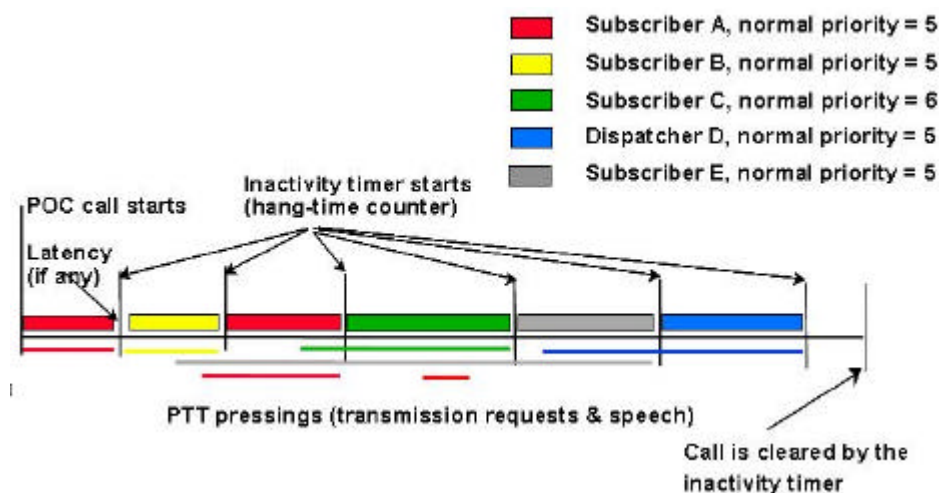


Fig. A2.13. Cola de prioridades

En una comunicación de grupo el último usuario que ha hablado tiene prioridad para recuperar el turno de PTT durante un breve espacio de tiempo.

- **Servicios de datos**

Existen tres tipos de comunicaciones básicas de datos en el sistema TETRA estudiado en este proyecto.

1. *STATUS: Mensajes de estado*
2. *Short Data Services (SDS): Mensajes cortos*

Este tipo de mensajes son predefinidos con un código asociado (0-65535) que se envía a la red en lugar del texto del mensaje. Compatibles con llamadas individuales o de grupo.

Según el código asociado los mensajes SDS son destinados a diferentes situaciones.

Tabla A2.3. Códigos asociados a los mensajes SDS

Valor	Descripción
0	Petición de emergencia
1-32767	Reservado
32768-36863	Aplicaciones de usuario (rango 1)
36864-40959	Aplicaciones de usuario (rango 2, con acuse)
40960-57343	Aplicaciones de usuario (rango 3)
57344-61439	Aplicaciones de usuario (rango 4, con acuse)
61440-63999	Aplicaciones de usuario (rango 5)
64000-64255	Status Indicators
64856-65023	Aplicaciones de usuario (rango 6)
65023-65279	Predefinidos (Callback request,...)

Los mensajes SDS son enviados por el canal de control y son usados en multitud de aplicaciones: Telemetría , AVL (Automatic Vehicle Location), etc.

Tabla A2.4. Tipos de mensajes SDS

Valor	Descripción
0...65535 (16 bits)	SDS tipus1
0... 2^{32} -1 (32 bits)	SDS tipo 2
0... 2^{64} -1 (64 bits)	SDS tipo 3
Longitud variable hasta 1017 bits (127 caracteres)	SDS tipo 4
1120 bits (140 caracteres)	SDS TL

3. Circuit switched data: datos en modo circuito

Los datos en modo circuito presentan una velocidad variable en función de si existe single-slot o multi-slot tal y como se ve en la Tabla A2.1 según el estándar TETRA. En la red de este proyecto, no existe la posibilidad de usar multi-slot. Los datos se transmiten únicamente por un single-slot.

A continuación para no extenderse demasiado en la descripción del sistema TETRA, se tratará el uso de IP con TETRA.

- **TETRA sobre IP e IP sobre TETRA**

Estos dos términos son diferentes ya que:

IP sobre TETRA permite la comunicación de aplicaciones externas basadas en la transmisión de paquetes IP.

TETRA sobre IP integra los servicios de TETRA sobre una arquitectura interna de red basada en IP.

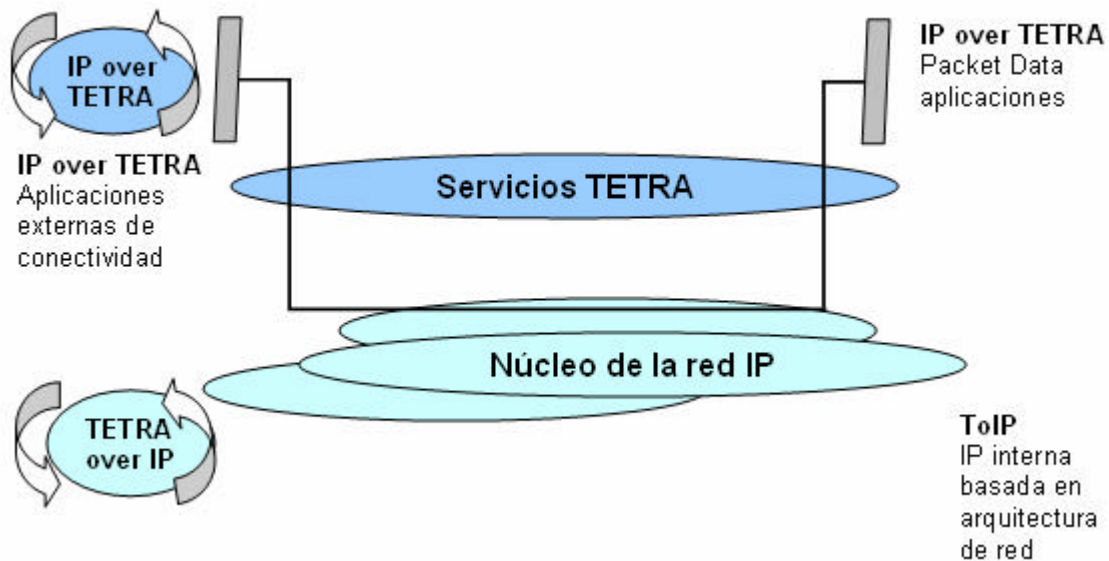


Fig. A2.14 IP sobre TETRA y TETRA sobre IP

TETRA sobre IP (ToIP) usa el protocolo de Internet (IP) para conectar las estaciones bases a la infraestructura de la red TETRA (SwMI). Esto provoca que IP sea usado como un medio de transporte para conectar la estaciones bases a la SwMI, pero también para que la SwMI comprenda una red TETRA más amplia.

De esta manera, ToIP requiere mecanismos eficientes de transporte tanto en el establecimiento de llamada como en la velocidad y tráfico de datos. El

establecimiento de llamada y retardo son consideraciones muy importantes para este tipo de redes, especialmente debido a que deben minimizar los retardos causados durante el transporte de IP. No obstante cualquier red IP puede ser usada para este propósito; el dimensionado, los protocolos y calidad de servicio son temas delicados a considerar.

El diagrama convencional de una red TETRA es tal y como se observa en la figura (Fig. A2.15).

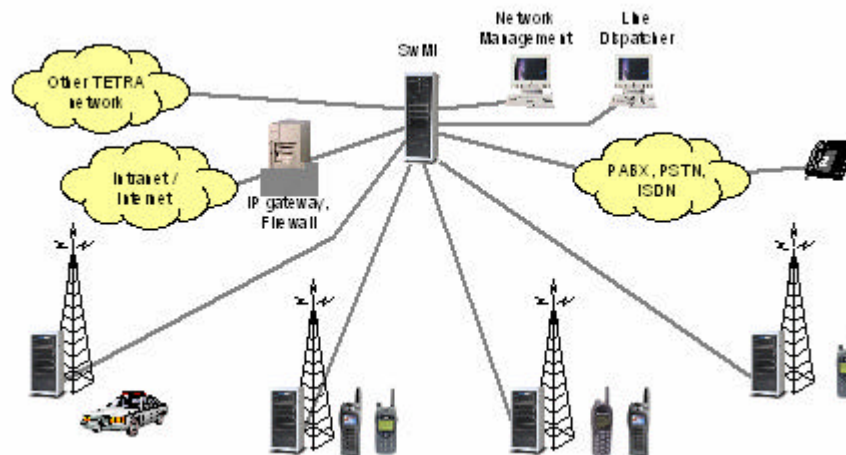


Fig. A2.15. Red TETRA con infraestructura convencional

Un sistema TETRA convencional como el mostrado en la figura precedente, está formado por un conmutador centralizado al que se le conectan estaciones bases.

Los componentes típicos conectados al SwMI son: el sistema gestor de la red, uno o más administradores de la red (Line Dispatchers), otras redes TETRA usando el sistema interno de interface (ISI), PABX/PSTN interconexiones y un gateway IP.

Las redes TETRA convencionales puede soportar perfectamente IP sobre TETRA. En la figura anterior, se observa un gateway, éste permite muchos sistemas TETRA el intercambio de mensajes SDS y STATUS entre un terminal TETRA y una aplicación instalada en un PC conectado a una red IP. También la comunicación a través de datos es posible, permitiendo así el intercambio de datos IP gracias a una aplicación instalada en un PC conectado a un terminal TETRA y una aplicación en un servidor. Una variante de IP sobre TETRA sería mediante WAP (Wireless Application Protocol).

En la figura siguiente, se observa la arquitectura de red de redes ToIP.

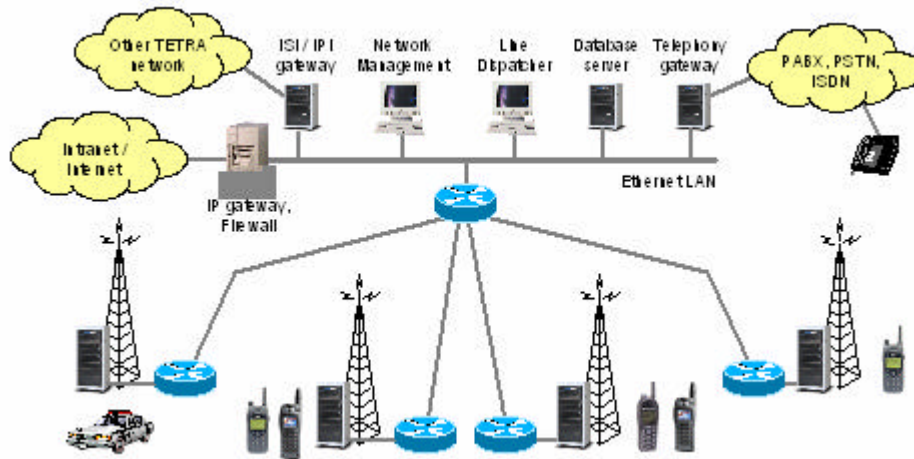


Fig. A2. 16 Red TETRA con infraestructura ToIP

Este tipo de arquitectura es un poco diferente a la de las redes convencionales. Se usan routers IP para interconectar diferentes componentes de infraestructuras TETRA juntos.

La mayoría de sistemas basados en ToIP emplean una topología de red plana. Todos los elementos están interconectados a un mismo nivel, por lo tanto el switch no es centralizado. Durante una llamada se establece una conexión directa entre las estaciones base instaladas en diferentes sitios.

Un servidor de datos es frecuentemente usado para asegurar consistencia de la información; este servidor es usado para re-distribuir la información a diferentes sitios. Otros elementos conectados a la LAN incluyen un gateway de telefonía, uno o más Dispatchers, un estación de gestión de red (Network Management Station), un gateway IP y un gateway ISI/IPI.

Las conexiones entre routers son básicamente punto a punto, tal como enlaces E1 o enlaces de baja velocidad sincronicos V.35 con una velocidad de los enlaces entre 128 kbps y 2 Mbps.

Beneficios de ToIP

ToIP ofrece múltiples beneficios:

1. El tráfico TETRA y señalización son transportados por enlaces IP. Esto incluye al transporte de voz y datos de conmutación de circuitos en tiempo real y sensibles a retardos.
2. Los mensajes de estado y status, SDS y packet DATA pueden ser transferidos sobre la misma red IP. Estos mensajes son menos críticos y pueden por lo tanto ser

transferidos con menos prioridad.

3. El backbone, puede ser usado para llevar la gestión de datos de la red. Pueden usarse protocolos de gestión como Simple Network Management Protocol (SNMP).
4. Se pueden emplear; routers y switches, plataformas para servidores de bases de datos, o también por sistemas software como Microsoft Windows o Linux.
5. La topología de la red es muy flexible. Puede soportar topología en estrella, mallada o en anillo.
6. Rutas alternativas a los enlaces primarios para garantizar el servicio en caso de fallos.
7. Resistencia a fallos en componentes. La base de datos es distribuida y asignada a toda la red. Esta distribución debería actualizarse cada cierto tiempo a intervalos regulares para garantizar consistencia. Si hay un componente de la red que falla y no se puede restaurar inmediatamente, entonces el sistema puede usar la base de datos local para asegurar continuidad en las operaciones.

ToIP por tanto presenta muchos beneficios, pero también ciertos inconvenientes que dependen del usuario pueden ser más graves o menos graves. Por ejemplo, el hecho de emplear IP no viene asociado a que se acceda a Internet. A la práctica, usar Internet en una red TETRA provocaría problemas de fiabilidad y seguridad. Por tanto, se ha de usar una red privada IP para asegurar el ancho de banda de la red TETRA se garantice y la seguridad no se vea comprometida.

Por tanto, se han de hacer más enlaces y esto supone más componentes y mayor gasto frente a las redes tradicionales de TETRA.

Además también se ha de notar que para transportar paquetes de voz TETRA ACELP, es necesario emplear más ancho de banda, debido a la necesidad de insertar cabecera a los paquetes (IP). Y aun así existe el riesgo de que haya pérdida de paquetes o retraso de los paquetes por congestión de la red o por temas de prioridad de los paquetes.

No es un estándar, solo se emplea IP para transportar la información de un lado a otro, y la información por si sola no está estandarizada. Cada proveedor ha definido su propio protocolo para el establecimiento de la llamada, sincronizaciones de la base de datos, etc. Y las soluciones ToIP actuales no son compatibles con los estándares de voz sobre IP (VoIP) tales como, H.323 y SIP.

ANEXO 3. TETRA release 2

Las aplicaciones en TETRA hasta ahora han empleado los servicios de datos en TETRA para enviar mensajes frecuentes de muy poca información; aplicaciones que envían mensajes de estado, aplicaciones de AVL, etc. Todo esto con la versión de TETRA Single Slot Packet Data era posible. Sin embargo, los requerimientos de los usuarios se han empezado a encaminar hacia aplicaciones que necesitan una mayor tasa de transmisión (menos mensajes frecuentes y más datos a transmitir). Aplicaciones como transferencias de ficheros, video lento, etc. Esto se puede solventar gracias a emplear TETRA Multi Slot Packet Data. Pero las exigencias de los usuarios sobre este campo, ha provocado más investigaciones y a día de hoy, se acaba de aprobar una nueva versión del estándar TETRA.

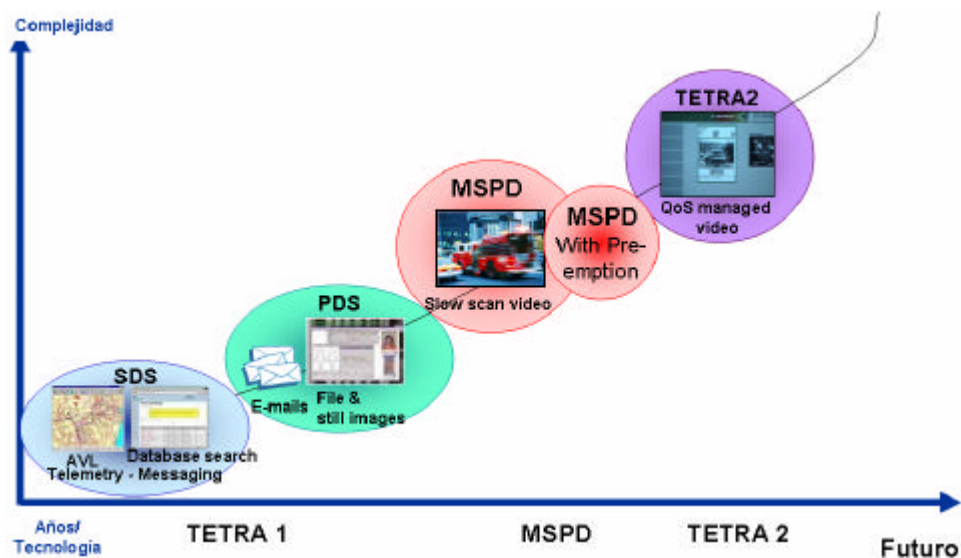


Fig. A3.1 Evolución histórica de TETRA

La nueva generación del Estándar, TETRA release 2, ya ha sido estudiada y aprobada por el EP TETRA con la finalidad de alcanzar con éxito los siguientes requerimientos [22]:

1. Evolución de TETRA para obtener una mayor velocidad de transmisión de datos que pueda soportar aplicaciones multimedia.
2. Selección y estandarización de algoritmos de "speech codec" para activar intercomunicación entre TETRA y otros sistemas de tercera generación sin transcodificación, y para proveer una calidad de voz mejorada para TETRA usando la última tecnología de codec de voz de baja tasa de bit.
3. Promover mejoras del interfaz de aire TETRA para proveer un incremento de los beneficios y optimización en términos de eficiencia espectral, capacidad de la red, rendimiento del sistema, calidad de

- servicio, tamaño y coste de los terminales, vida de las baterías, y otros parámetros.
4. Producción y/o adopción de estándares para proveer mejoras “*interworking y roaming*” entre TETRA y con redes públicas tales como GSM, GPRS y UMTS.
 5. Evolución de la TETRA SIM, con el propósito de converger con USIM, para conocer las necesidades para específicos servicios específicos de mientras se saca provechos de los beneficios de “*interworking y roaming*” con redes públicas tales como GSM, GPRS y UMTS.
 6. Extensión del rango de operación de TETRA, para proveer incrementos de cobertura y bajos costes de implantación para aplicaciones tales como seguridad pública aérea, marítima, telefonía rural, etc.
 7. Provisión de nuevas recomendaciones ETSI para cumplir mejor los requerimientos de usuario/mercado actuales que pueden ser identificados durante el estudio en las primeras etapas del programa de trabajo.
 8. Asegurar una retro-compatibilidad e integración de los nuevos servicios con los ya existentes en los TETRA, para asegurar en el futuro las pruebas actuales y las inversiones de los usuarios TETRA.

A su vez el nuevo estándar está definido en dos especificaciones.

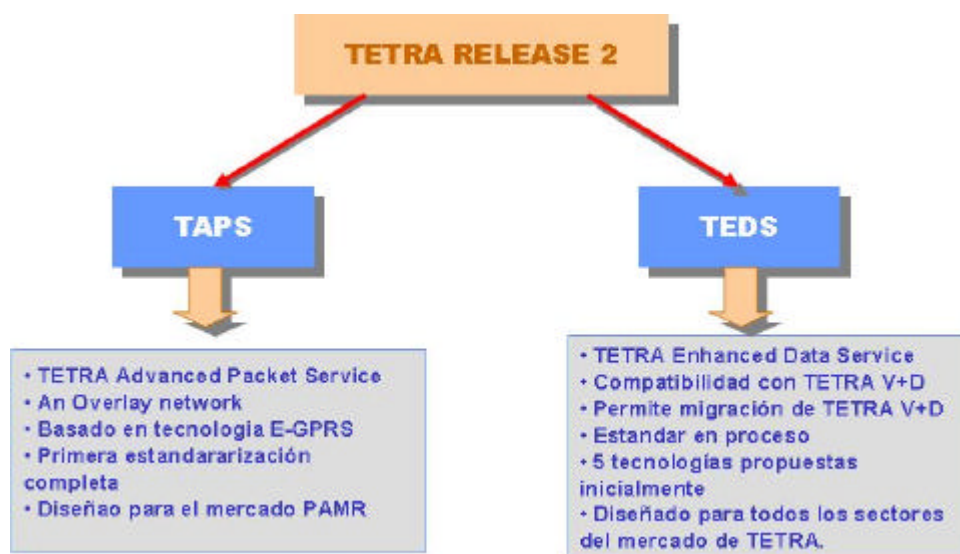


Fig. A3.2. Estándar TETRA release 2

Datos en banda ancha TEDS (Servicio de datos potenciado TETRA) y datos en banda ancha TAPS (tecnología alternativa basada en GSM EDGE) aunque finalmente no se ha acabado de consolidar y solo se ha desarrollado totalmente TEDS.

ANEXO 4. Tabla comparativa TETRA, GSM, GPRS, y W-CDMA (FDD)

A continuación se presenta una tabla con las principales características de las tecnologías comparadas en el capítulo 2.

Tabla A4.1. Tabla comparativa de las tecnologías TETRA, GSM, GPRS Y W-CDMA (FDD)

Tecnología	TETRA	GSM	GPRS	W-CDMA (FDD)
Descripción	Terrestrial Trunked radio	Global system for Mobile Communications	General Packet Radio Service	Wideband Code Division Multiple Access (Frequency Division Duplex)
Ubicadas	Todas las ciudades soportadas por ETSI	Europa, Asia y parte de Latino América y Norte América	Una mejora para las redes GSM	Mundo entero
Año introducción	1997	1992	2001	Japón (FOMA versión):2002 Europa: 2004
Rango Frecuencia (UL= up link y DL= Downlink) BS=Estación base, MS=Estación móvil)	MS 380-390 MHz 410-420 MHz 450-460 MHz 870-915 MHz BS 390-400 MHz 420-430 MHz 460-470 MHz 915-950 MHz	Banda GSM 450: 450.4-457.6 MHz (nUL) 460.4-467.6 MHz (DL) Banda GSM 480: 478.8-486 MHz (UL) 488.8-496 MHz (DL) Banda GSM 750: 777-792 MHz (UL) 747-762 MHz (DL)	Banda GSM 850: 824-849 MHz (UL) 869-894 MHz (DL) Banda GSM 900 estándar: 890-915 MHz (UL) 935-960 MHz (DL) Banda GSM 900 ext.: 880-915 MHz (UL) 925-960 MHz (DL)	Banda I: 1920 a 1980 MHz (UL) 2110 a 2170 MHz (DL) Banda II: 1850 a 1910 MHz (UL) 1930 a 1990 MHz (DL) Banda III: 1710 a 1785 MHz (UL) 1805 a 1880 MHz (DL) Banda IV: 1710 a 1755 MHz (UL) 2110 a 2155 MHz (DL) Banda V: 824 a 849 MHz (UL) 869 a 894 MHz (DL) Banda VI: 830 a 840 MHz (UL) 875 a 885 MHz (DL)
Tecnología	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA
Tasa símbolo/ Tasa chip		270.833 Ksps	270.833 Ksps	3.84 Mcps
Espaciado canal	25 KHz	200 KHz	200 KHz	5 MHz
Modulación y tipo de filtro	$\pi/4$ QPSK Filtro: Raíz del coseno cuadrado (alfa= 0.35)	0.3 GMSK (1bit/símbolo) Filtro: 0.3 Gaussiano	0.3 GMSK (1bit/símbolo) Filtro: 0.3 Gaussiano	HPSK con filtro RRC (alfa= 0.22) 1 bit/símbolo (UL) QPSK con filtro RRC (alfa=0.22) 2 bit/símbolo (DL)
Speech Codec	ACELP (Algebraic code Excited Linear Predictor)	Full rate= RPE-LTP 13kbps Enhanced Full Rate= ACELP 12.2 kbps Half Rate= VSELP 5.6 Kbps	No aplicable	Adaptive multi-rate
Fuente	ETSI	ETSI/ 3GPP (GERAN)	ETSI/ 3GPP (GERAN)	3GPP
Servicio Primario	Comunicación instantánea para PRM y PAMR	Alta movilidad celular de datos y voz	Alta movilidad de paquetes de datos	Telefonía celular, voz, SMS, conmutación de circuitos y paquetes
Máxima tasa de transferencia de datos	28.8 Kbps sin protección	9.6 Kbps o 14.4 Kbps	Dependerá del esquema de código y número de Timeslots usados: CS1: 9.05 Kbps por timeslot CS2: 13.4 Kbps por timeslot CS3: 15.6 Kbps por timeslot CS4: 21.4 Kbps por Timeslot	384 Kbps (single code)

Tipo encaminamiento	Conmutación de paquetes y circuitos	Conmutación de Circuitos	Conmutación de paquetes	ambas
Web de referencia	www.etsi.org/www.tetramou.com	www.etsi.org/ / www.3gpp.org	www.etsi.org/ / www.3gpp.org	www.3gpp.org

ANEXO 5. Pruebas IP

Las pruebas IP se han planteado desde dos vertientes. Por una parte se ha estudiado el comportamiento del canal, debido a la generación de flujo UDP, y el comportamiento de tres terminales en diferentes zonas. Por otro lado se han empleado aplicaciones estándar para la consulta de páginas Web o descarga de ficheros, y se han intentado mejorar los resultados mediante la compresión de la información en el servidor antes de ser enviada.

A.5.1 Caracterización del canal

Estas pruebas serán realizadas por tres tipos de terminales: TA, TB y TC en tres zonas diferentes (conmutadores).

A.5.1.1 Pruebas IP conmutador Zona 1: Terminal TA

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5.1 Adquisición IP TA Zona 1

Registro en RED	
Conmutador	Zona 1
LA	226
RSSI	-78dBm
Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	10 seg.
IP	172.21.0.9
Funcionamiento del ping	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=871ms TTL=118 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=661ms TTL=118 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=671ms TTL=118 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=681ms TTL=118	
Estadísticas de ping para 172.17.1.5: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos: mínimo = 661ms, máximo = 871ms, promedio = 721ms	
Tracert 172.17.1.5	
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos como máximo. 1 941 ms 911 ms 901 ms 172.18.X.X 2 1081 ms 791 ms 852 ms 172.18.X.X 3 1131 ms 1022 ms 961 ms 172.17.1.5 Traza completa.	

Prueba 2: Caracterización del canal

El terminal TA responde correctamente a las pruebas pero en el momento que se comienza a generar el flujo UDP a 4.8 Kbps a 128 bytes, el terminal comienza a presentar desconexiones continuas con el PC.

La menor pérdida de paquetes se observa que tiene lugar cuando el ancho de banda es de 2400 bps y los datagramas enviados de 256 bytes.

Tabla A5.1 Generación flujo UDP TA zona 1

TEST UDP		2,4 Kbps						4,8 Kbps						7,2 Kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	3,2	10,6	22	17,3	22	27	2,81	5,31	11,5	18,5	22,5	28	3,2	10,8	8,5	15,8	12,5	28
	Tasa (Kbps)	0,44	1,44	2,20	2,31	2,97	3,20	0,30	0,65	1,57	2,51	3,01	3,38	0,44	1,33	1,1	2,02	2,03	3,38
	Jitter (ms)	42	102	448	24	448	734	192	842	230	245	394	902	45	99	860	270	2275	848
	Pérdidas (%)	82	40	28	4,2	28	56	92	84	67	98	38	54	81	42	84	70	73	56

UL: Portátil con Terminal TETRA , Servidor de Pruebas

Para el mejor caso, 2400 bps a 256 bytes se genera un flujo de datos en modo bajada, del servidor de pruebas al portátil, y se obtiene una tasa de 2.41 Kbps, un jitter de 55 ms y unas pérdidas del 0 % para una transferencia de 17.3 Kbytes.

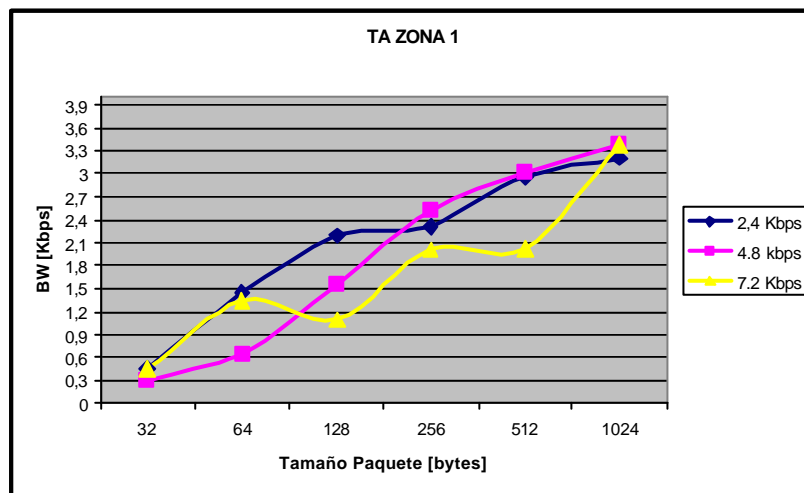


Fig. A5.1 Comportamiento TA en la zona 1

Si se hace una llamada de voz semi-duplex y full-duplex mientras se están transmitiendo datos no se recibe y el terminal que llama muestra por pantalla "número ocupado".

A.5.1.2 Pruebas IP conmutador Zona 1: Terminal TB

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5.2 Adquisición IP TB Zona 1

Registro en RED	
Conmutador	Zona 1
LA	226
RSSI	-85dBm
Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	10 seg.
IP	172.21.0.9
Funcionamiento del ping	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=911ms TTL=118	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=701ms TTL=118	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=711ms TTL=118	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=731ms TTL=118	
Estadísticas de ping para 172.17.1.5: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos: mínimo = 701ms, máximo = 911ms, promedio = 763ms	
Tracert 172.17.1.5 (IP Server i Terminal TETRA)	
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos como máximo.	
1 941 ms 911 ms 901 ms 172.18.X.X 2 1081 ms 791 ms 852 ms 172.18.X.X 3 1131 ms 1022 ms 961 ms 172.17.1.5 Traza completa.	

Prueba 2: Caracterización del canal

Tabla A5.3 Generación flujo UDP TB Zona 1

TEST UDP		2,4 Kbps						4,8 Kbps						7,2 Kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	6,38	11,2	16,3	17,8	23,5	26	11,3	7,88	15,6	17,3	15,5	22	7,97	10,6	12,1	22,5	23,5	30
	Tasa (Kbps)	1,3	1,5	2,15	2,34	3,01	2,94	1,49	1,23	2,06	2,3	2,3	2,57	1,2	1,4	1,9	2,8	2,99	3,34
	Jitter (ms)	304	207	69	54	564	1807	373	243	433	525	997	2054	1460	198	1415	1023	1084	1772
	Pérdidas (%)	74	37	8,5	2,8	24,2	58	68	78	56	51	57	64,5	75	40	76	50	56	52

La menor pérdida de paquetes se observa cuando el flujo de datos se genera a 2400 bps y los datagramas enviados son de 256 bytes. Si se realiza la prueba en modo bajada, generación de flujo de datos desde el servidor de pruebas hacia el portátil, se obtienen una tasa de 1.87 Kbps, jitter 83 ms y unas pérdidas del 7.7%.

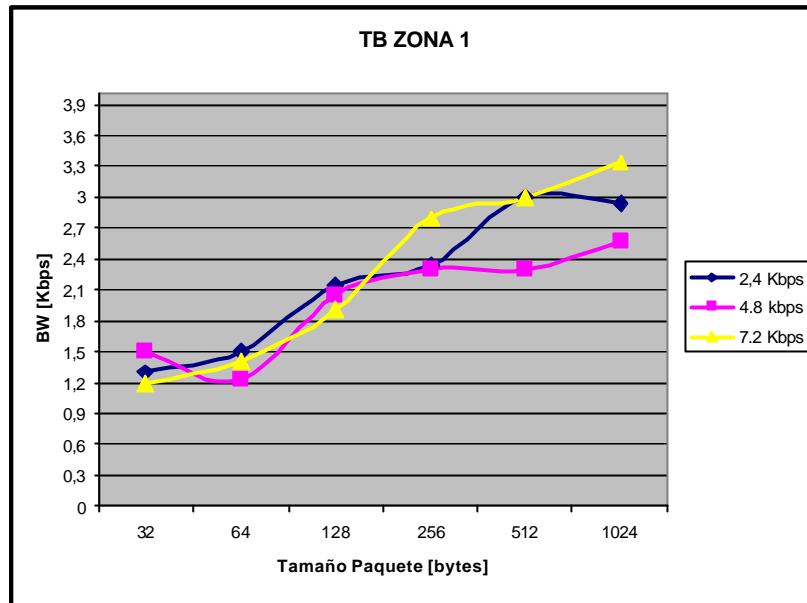


Fig. A5.2 Comportamiento TB en la zona 1

A.5.1.3 Pruebas IP conmutador Zona 1: Terminal TC

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5.4 Adquisición IP TC Zona 1

Registro en RED	
Conmutador	Zona 1
LA	204
RSSI	-85dBm
Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	1 seg.
IP	172.21.0.4
Funcionamiento del ping	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=631ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=641ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=671ms TTL=126	
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.	
Estadísticas de ping para 172.17.1.5:	
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 3, perdidos = 1 (25% perdidos)	
Tracert 172.17.1.5 (IP Server i Terminal TETRA)	
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos como máximo.	
1 941 ms 911 ms 901 ms 172.18.X.X	
2 1081 ms 791 ms 852 ms 172.18.X.X	
3 1131 ms 1022 ms 961 ms 172.17.1.5	
Traza completa.	

Prueba 2: Caracterización del canal

Tabla A5.5 Generación flujo UDP TB Zona 1

TEST UDP		2,4 Kbps						4,8 Kbps						7,2 Kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	8,03	13	17,8	18	14,5	1	8	12,8	18,6	19,8	11	1,0	7,13	11,3	16,5	16,5	6	1
	Tasa (Kbps)	1,06	1,69	2,41	2,41	1,83	1,12	1,05	1,68	2,41	2,44	1,39	1,13	0,94	1,48	2,3	2,13	0,69	1,1
	Jitter (ms)	133,5	118,1	30,9	44,6	557,9	557,9	128,0	123,9	184	412,8	558,5	600,3	156,4	163,6	187	212	666	900
	Pérdidas (%)	54	27	0	0	52	98	77	64	47	44	69	98	87	79	67	69	89	98

La menor pérdida de paquetes se observa cuando el flujo de datos es de 2400 bps y los datagramas de 256 bytes. Se genera en modo bajada, en las mismas condiciones, un flujo de datos y se obtiene una tasa de 2.4 Kbps, jitter de 72,64 ms y unas pérdidas también del 0%.

A partir de 1024 bytes, hay bastantes problemas porque se corta la conexión. Se ha intentado que el terminal adquiriese más cobertura pero no ha sido posible. Por ese motivo, los resultados no son muy fiables. Para ver el comportamiento en modo bajada se ha transmitido un flujo de datos desde el servidor hacia el portátil con el terminal, de 10.8 Kbytes a una tasa de 2.4 Kbps, jitter de 518.1 ms y unas pérdidas del 29 %.

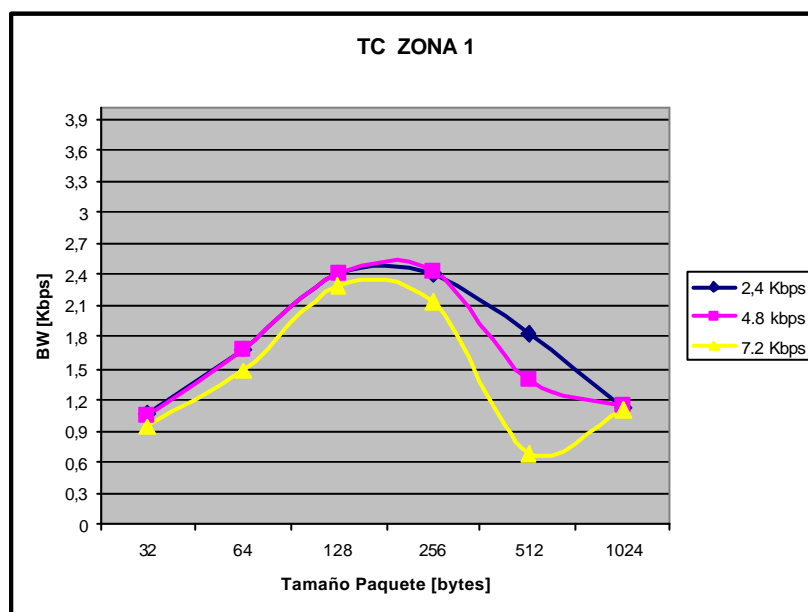


Fig. A5.3 Comportamiento TC en la zona 1

A continuación se presenta una figura resumen del comportamiento de los tres terminales en función de las pérdidas.

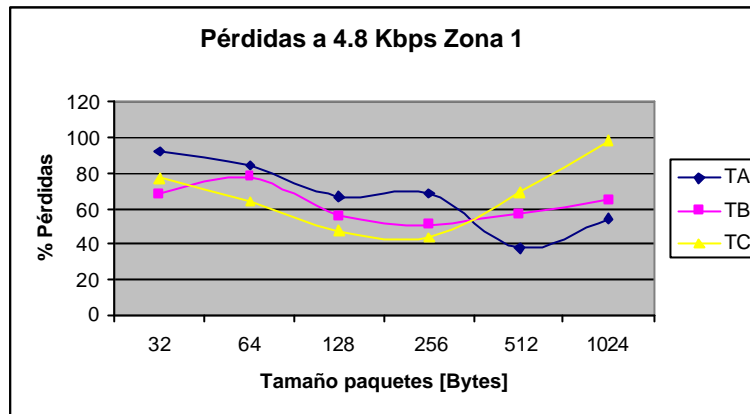


Fig. A5.4 Comportamiento de los tres terminales en función de las pérdidas en la Zona 1

Las pérdidas son más acusadas en los extremos. En el terminal TC se presenta una tendencia más acusada. En los otros terminales predomina más en los paquetes de tamaño pequeños.

A.5.1.4 Pruebas IP conmutador Zona 2: Terminal TA

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5.6 Adquisición IP TA Zona 2

Registro en RED	
Conmutador	Zona 2
LA	103
RSSI	-32 dBm
Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	5 seg.
IP	172.18.0.7
Funcionamiento del ping	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=891ms TTL=126 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=621ms TTL=126 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=701ms TTL=126 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=721ms TTL=126	
Estadísticas de ping para 172.17.1.5: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos: mínimo = 621ms, máximo = 891ms, promedio = 733ms	
Tracert 172.17.1.5 (IP Server i Terminal TETRA)	
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos como máximo. 1 941 ms 911 ms 901 ms 172.18.X.X 2 1081 ms 791 ms 852 ms 172.18.X.X 3 1131 ms 1022 ms 961 ms 172.17.1.5 Traza completa.	

Prueba 2: Caracterización del canal

Tabla A5. 7 Generación flujo UDP TA Zona 2

TEST UDP		2,4 Kbps						4,8 Kbps						7,2 Kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	1.16	3.56	5.25	18	22.5	27.0	2.72	5.25	11.4	18.5	18	28	3.56	5.50	11.1	14.3	21.5	27
	Tasa (Kbps)	0,57	1	2,08	2,39	2,96	3,39	0,68	1,1	1,54	2,51	3	3,36	0,53	0,67	1,29	1,81	2,88	3,13
	Jitter (ms)	564.4	331.6	112.7	33.4	443.9	834.7	210.5	130.7	213.5	225.2	374.1	789.3	854	778.3	843	210.6	593.44	816.4
	Pérdidas (%)	80	40	14	0	27	56	92	85	68	48	50	54	89	87	79	73	60	56

La mejor transmisión se produce para 256 bytes a 2400 bps.

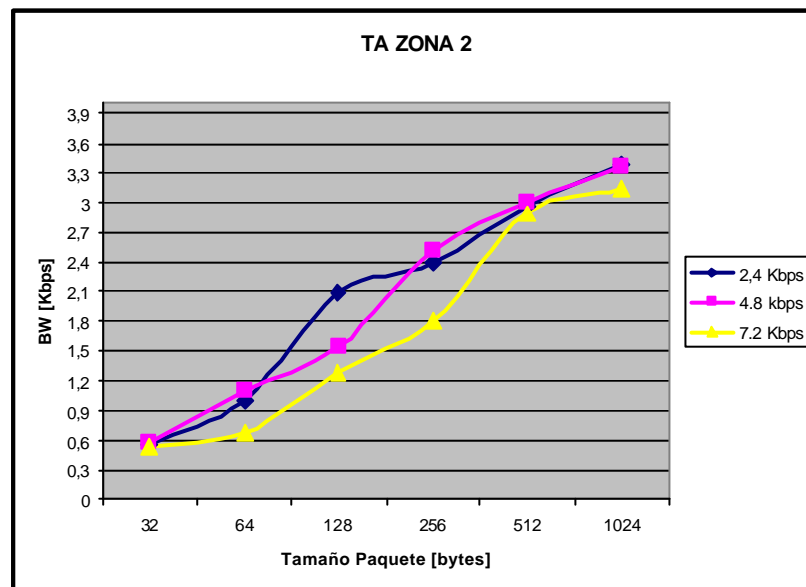


Fig. A5. 5 Comportamiento TA en la zona 2

A.5.1.5 Pruebas IP conmutador Zona 2: Terminal TB

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5. 8 Adquisición IP TB Zona 2

Registro en RED	
Conmutador	Zona 2
LA	LA 103
RSSI	-42 dBm

Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	10 seg.
IP	172.18.0.7
Funcionamiento del ping	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=941ms TTL=125	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=731ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=801ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=811ms TTL=126	
Estadísticas de ping para 172.17.1.5:	
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),	
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:	
mínimo = 731ms, máximo = 941ms, promedio = 821ms	
Tracert 172.17.1.5 (IP Server i Terminal TETRA)	
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos como máximo.	
1 941 ms 911 ms 901 ms 172.18.X.X	
2 1081 ms 791 ms 852 ms 172.18.X.X	
3 1131 ms 1022 ms 961 ms 172.17.1.5	
Traza completa.	

Prueba 2: Caracterización del canal

Tabla A5.9 Generación flujo UDP TB Zona 2

TEST UDP		2,4 kbps						4,8 kbps						7,2 kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	6.47	10.9	16	18	23	31	7.34	11	16.3	20.8	23	29	7.96	12.9	18.6	22.8	24	31
	Tasa (kbps)	0.87	1.48	2.13	2.41	3.02	3.29	0.87	1.43	2.14	2.79	3.01	3.32	0.87	1.47	2.13	2.76	3.01	3.31
	Jitter (ms)	255	250	108	51	628	1756	1436	366	393	589	892	1736	1466	358	1267	664	1161	1772
	Pérdidas (%)	63	38	9.9	0	26	50	74	68	54	42	36	52	75	68	63	57	55	50

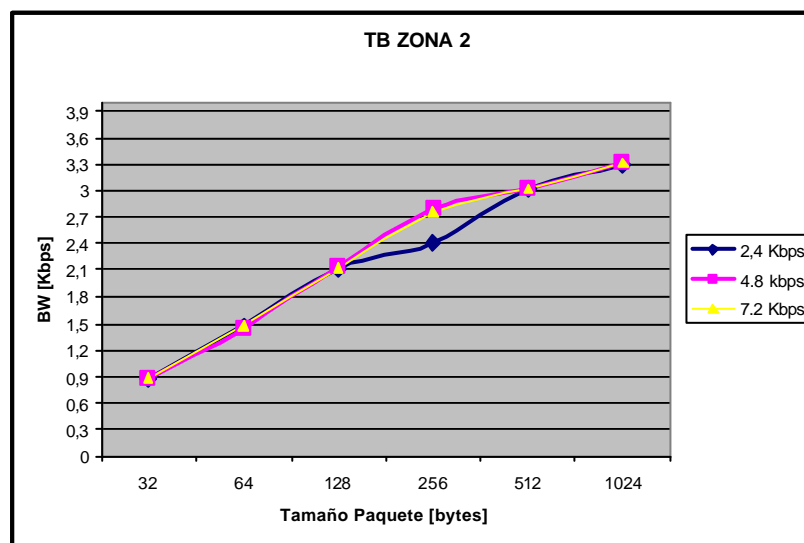


Fig. A5. 6 Comportamiento TB en la zona 2

A.5.1.6 Pruebas IP conmutador Zona 2: Terminal TC

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5. 10 Adquisición IP TC Zona 2

Registro en RED	
Conmutador	Zona 2
LA	103
RSSI	-65 dBm
Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	10 seg.
IP	172.18.0.7

Funcionamiento del ping
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=781ms TTL=126
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=681ms TTL=126
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=691ms TTL=126
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=701ms TTL=126
Estadísticas de ping para 172.17.1.5:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:
mínimo = 681ms, máximo = 781ms, promedio = 713ms
Tracert 172.17.1.5 (IP Server i Terminal TETRA)
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos con o máximo.
1 891 ms 792 ms 961 ms 172.18.X.X
2 741 ms 631 ms 841 ms 172.18.X.X
3 1122 ms 901 ms 791 ms 172.17.1.5
Traza completa.

Prueba 2: Caracterización del canal

Tabla A5.11 Generación flujo UDP TC Zona 2

TEST UDP		2,4 kbps						4,8 kbps						7,2 kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	8.06	13.1	17.7	11.8	27	8	13	10	18.6	21.3	26.5	9.0	9.41	14.1	20.2	22.5	26.5	4.0
	Tasa (kbps)	1,46	1,7	2,38	2,53	3,12	0,56	1,7	1,7	2,41	2,68	3,08	0,92	1,45	1,6	2,32	2,66	3,05	0,7
	Jitter (ms)	111.8	114	56.9	41.61	501.4	734.4	122	180	232	469	489	855	1182	280	816	346.2	657.9	754
	Pérdidas (%)	54	26	1	35	13	87	63	51	47	40	21	85	72	66	58	57	47	94

Si se genera el flujo UDP desde el servidor de pruebas hacia el portátil, para una tasa de 2.4 Kbps , jitter 52.6 ms se producen unas perdidas del 62%.Al igual que en la zona 1, este terminal a partir de 1024 bytes empieza a tener problemas de conexión con el PC. A veces se para totalmente la conexión modem con el PC y la prueba es anulada. Otras el terminal logra adquirir canal antes de que esto ocurra. Sin embargo, estos resultados no serian válidos debido a estas alteraciones.

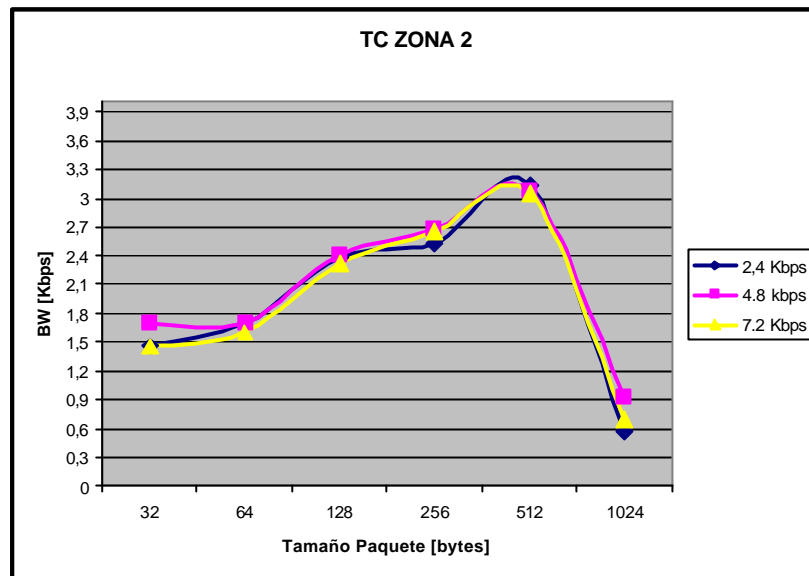


Fig. A5. 7 Comportamiento SRP- 2000 en la zona 2

A continuación se presenta una figura resumen del comportamiento de los tres terminales en función de las pérdidas.

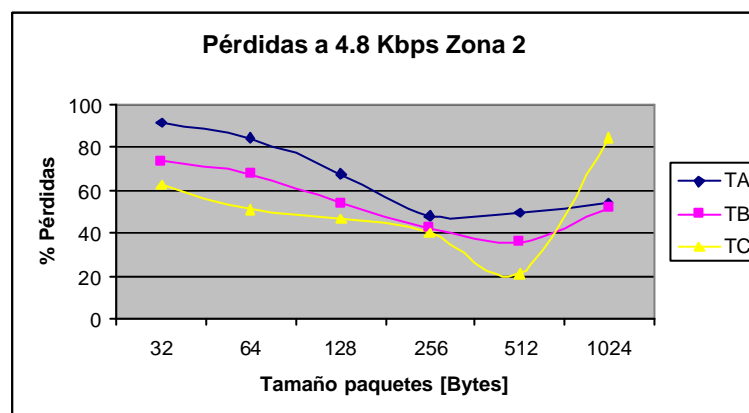


Fig. A5.8 Comportamiento de los tres terminales en función de las pérdidas en la Zona 2

Las perdidas son más acusas en los extremos (32 bytes y 64 bytes). Luego la tendencia es menor, pero a partir de 512 bytes, los terminales vuelven a presentar más pérdidas.

A.5.1.7 Pruebas IP conmutador Zona 3: Terminal TA

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5.12 Adquisición IP TA Zona 3

Registro en RED	
Conmutador	Zona 3
LA	609
RSSI	-80
Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	3 seg.
IP	172.22.0.4
Funcionamiento del ping	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=911ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=761ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=771ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=781ms TTL=126	
Estadísticas de ping para 172.17.1.5:	
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),	
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:	
mínimo = 761ms, máximo = 911ms, promedio = 806ms	
Tracert 172.17.1.5 (IP Server i Terminal TETRA)	
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos como máximo.	
1 1042 ms 791 ms 851 ms 172.22.X.X	
2 861 ms 842 ms 791 ms 172.22.X.X	
3 701 ms 791 ms 851 ms X.X.X.X	
4 801 ms 851 ms 741 ms 172.17.X.X	
5 841 ms 911 ms 901 ms 172.17.1.5	

Prueba 2: Caracterización del canal

Tabla A5.13 Generación flujo UDP TA Zona 3

TEST UDP		2,4 Kbps						4,8 Kbps						7,2 Kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	3.09	10.7	15.3	18	19	27	2.78	5.50	9.25	7.50	21.5	28	2.91	3.56	10	6.75	11.5	25
	Tasa (kbps)	0,42	1,45	2,06	2,4	3	3,21	0,3	0,75	2	1,9	2,9	3,36	0,33	0,7	1,25	1,86	2,1	3,04
	Jitter (ms)	39.37	166.9	128.2	43	418	6.19	208	165.9	2.33	327	349	1429	1938	774	877.6	211.5	452.3	759.8
	Pérdidas (%)	82	40	14	0	38	56	92	84	73	56	40	55	91	91	81	87	79	60

Con ancho de banda de 7.2 Kbps y tramas de 32 bytes hay mucho retardo y esto provoca que en la transmisión de 64 bytes se pierda la conexión justo después de realizar la prueba de 32 bytes.

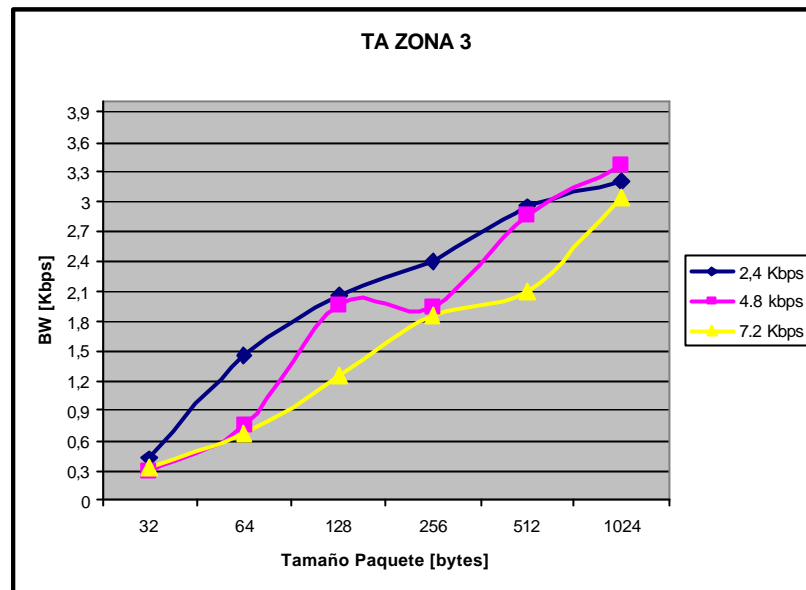


Fig. A5.9 Comportamiento TA en la zona 3

A.5.1.8 Pruebas IP conmutador Zona 3: Terminal TB

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5.14 Adquisición IP TB Zona 3

Registro en RED	
Conmutador	Zona 3
LA	609
RSSI	-89
Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	3 seg.
IP	172.22.0.4
Funcionamiento del ping	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=942ms TTL=126 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=731ms TTL=126 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=741ms TTL=126 Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=811ms TTL=126	
Estadísticas de ping para 172.17.1.5: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos: mínimo = 731ms, máximo = 942ms, promedio = 806ms	
Tracert 172.17.1.5 (IP Server i Terminal TETRA)	
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos como máximo. 1 981 ms 802 ms 901 ms 172.22.X.X 2 911 ms 791 ms 802 ms 172.22.X.X 3 841 ms 861 ms 792 ms X.X.X.X 4 811 ms 901 ms 912 ms 172.17.X.X 5 991 ms 1022 ms 1021 ms 172.17.1.5	

Prueba 2: Caracterización del canal

Tabla A5.15 Generación flujo UDP TB Zona 3

TEST UDP		2,4 Kbps						4,8 Kbps						7,2 Kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	6,34	10.1	15.8	17.5	21	25	7.25	10	5.75	20.8	21	14	7.56	10	17.6	22.3	20.5	28
	Tasa (kbps)	0.85	1.36	2.13	2.41	2.71	3.02	0.86	1.46	2.13	2.78	2.94	2,8	0.54	1.42	2	2.77	2.96	3.20
	Jitter (ms)	316	303	90	48	936	2102	1431	365	436	592	782	2175	6453	245	1270	739	1124	2117
	Pérdidas (%)	64	43	11	2.8	33	60	75	72	52	42	39	66	76	73	65	58	60	55

Para datagramas de 1024 bytes hay mucho jitter y la transmisión de 64 bytes sigue presentando bastantes problemas con la conexión. En general se hay pérdidas elevadas.

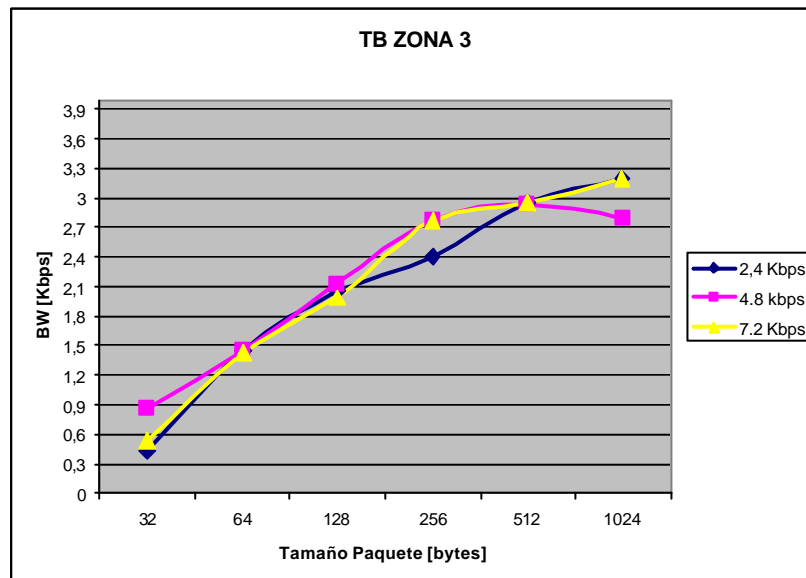


Fig. A5.10 Comportamiento TB en la zona 3

A.5.1.9 Pruebas IP conmutador Zona 3: Terminal TC

Prueba 1: Registro en red y funcionamiento IP

Tabla A5.16 Adquisición IP TC Zona 3

Registro en RED	
Conmutador	Zona 3
LA	608
RSSI	-83

Adquisición de IP	
Tiempo aproximado adquisición IP	1 seg.
IP	172.22.0.4
Funcionamiento del ping	
Haciendo ping a 172.17.1.5 con 32 bytes de datos:	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=871ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=711ms TTL=126	
Respuesta desde 172.17.1.5: bytes=32 tiempo=722ms TTL=126	
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.	
Estadísticas de ping para 172.17.1.5:	
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 3, perdidos = 1 (25% perdidos).	
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:	
mínimo = 711ms, máximo = 871ms, promedio = 576ms	
Tracert 172.17.1.5 (IP Server i Terminal TETRA)	
Traza a 172.17.1.5 sobre caminos de 30 saltos como máximo.	
1 981 ms 802 ms 901 ms 172.22.X.X	
2 911 ms 791 ms 802 ms 172.22.X.X	
3 841 ms 861 ms 792 ms X.X.X.X	
4 811 ms 901 ms 912 ms 172.17.X.X	
5 991 ms 1022 ms 1021 ms 172.17.1.5	

Prueba 2: Caracterización del canal

Tabla A5.17 Generación flujo UDP TC Zona 3

TEST UDP		2,4 Kbps						4,8 Kbps						7,2 Kbps					
		32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024	32	64	128	256	512	1024
UL	Transfer (Kbytes)	7.28	10,7	15,6	18	24.5	28	7.3	6	8,3	20.3	25	17	5,4	5.5	17	26	20.5	28
	Tasa (kbps)	1,01	1,3	2,13	2,4	3,1	3,25	0,93	0,86	2,1	2,6	3,1	2,9	0,64	1	2,3	2,3	2,8	3,2
	Jitter (ms)	178.2	153	120	41.55	460.8	7.1	1332	124	2.33	336	488.3	1356	2341	430	1210	628.3	325.6	1540
	Pérdidas (%)	59	43	17	0	21	54	77	76	43	43	31	64	84	76	62	50	61	57

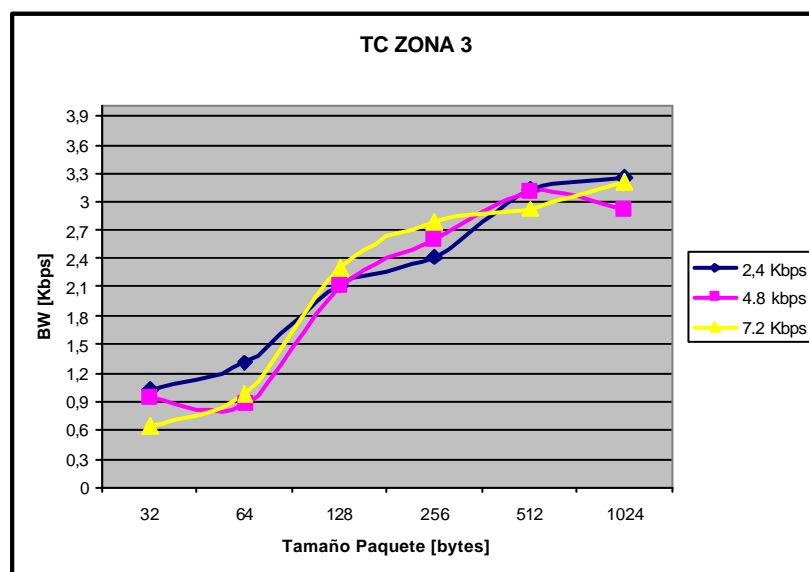


Fig. A5.11 Comportamiento TC en la zona 3

El terminal TC en la zona 3, no ha presentando problemas de ningún tipo. Ni desconexiones con el PC ni pérdidas de cobertura.

A continuación se presenta una figura resumen del comportamiento de los tres terminales en función de las pérdidas.

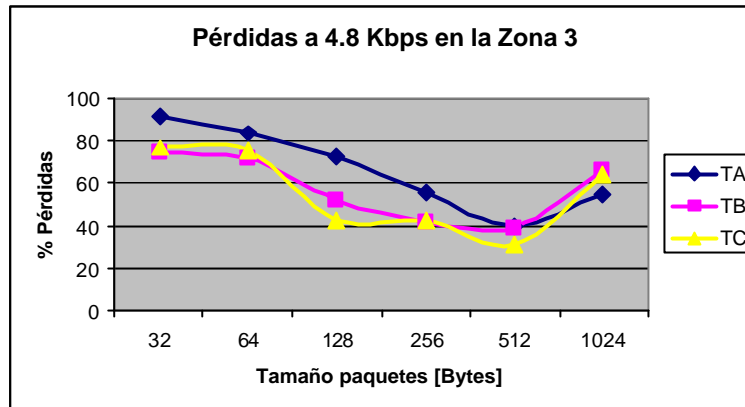


Fig. A5.12 Comportamiento de los tres terminales en función de las pérdidas en la Zona 3

A.5.1.10 Pruebas de Movilidad

Por ultimo, se han hecho pruebas de movilidad en diferentes situaciones aprovechando los desplazamientos entre las zonas 1,2 y 3.

Se han producido diversas situaciones transmitiendo tamaños diferentes de paquetes, 1Kbyte a 8 Kbytes; transmisión de datos desde diferentes estaciones bases, en movimiento, con roaming, con muy buena cobertura y con peor cobertura.

Tabla A5. 18 Resultados pruebas de movilidad

	centro 1	centro 2 (roaming)	centro 2	centro 3 poca cobertura	centro 3	centro 3 (mejor cobertura)	centro 4 (roaming)	centro 4
1	2730	2048	2048	2048	2048	1950	2048	1950
2	2978	2730	2978	2849	2849	2849	2849	2849
4	2730	2730	2730	2520	2520	2730	2520	2730
8	2912	2912	3048	2978	3048	2912	2912	3048
RSS1	-59	-	-48	-48	-57	-65	-48	-48

La cobertura ha influido ligeramente en las pruebas. Cuando era baja, en seguida el terminal se desconectaba y se tenían que repetir.

Para situaciones en las que la cobertura era mejor, la movilidad entre TBS no era ningún problema.

La velocidad máxima conseguida está alrededor de los 3000 bps.

A.5.2 Aplicaciones estándar

Se han probado aplicaciones con los protocolos HTTP y FTP. Las aplicaciones empleadas han sido las siguientes:

Servidor Web: Apache 2.0.52

Cliente Web: Navegador Internet Explorer o Mozilla Firefox

El servidor Web empleado ha sido Apache 2.0.52, este servidor recibe un alto rendimiento en sistemas operativos Linux y es el más utilizado actualmente. En este caso el servidor está instalado sobre un sistema Windows 2000, pero aun así en este sistema también dispone de un alto rendimiento. Su utilización frente al servidor ISS (su principal competidor) puede ser discutible, aun así un hecho real es que Apache se lleva el servicio de múltiples e importantes páginas Web.

Entre una de las muchas particularidades que posee este servidor, se encuentra la alta disponibilidad de configurar su servicio mediante módulos específicos. El módulo que se ha empleado es el modulo Deflate. Este módulo emplea la técnica de compresión HTTP y permite comprimir tanto las páginas HTML como los ficheros insertados a éstas.

Así gracias a este modulo el servidor Apache envía toda la información comprimida al cliente y el cliente la descomprime automáticamente de forma local. Ni que decir que esta funcionalidad beneficia a ambos extremos: el servidor necesita menos ancho de banda para atender a un usuario, y el usuario recibe la información considerablemente más rápido.

Servidor FTP: Filezilla Server

Servidor FTP que permite comprimir los datos antes de enviarlos al cliente. La compresión que emplea se realiza gracias al modulo MOD Z. El cual presenta una compresión en diferentes niveles, del 1 al 9.

Especificación del sitio Web

El sitio Web implementado presenta un menú de 4 opciones. Navegando por la página se pueden descargar ficheros de texto con distintos tamaños, imágenes, ficheros iguales pero con formatos distintos (.doc, .pdf y .txt) y consultar una base de datos.

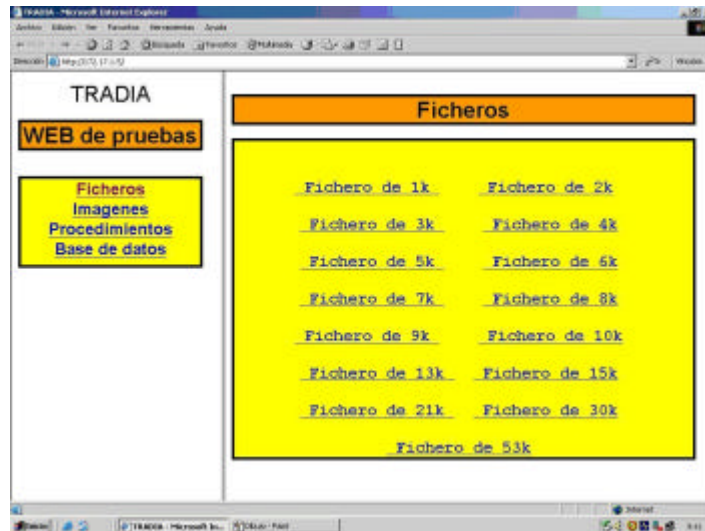


Fig. A5.13 Página Web empleada para las pruebas

A.5.2.1 Acceso a páginas Web

- Páginas HTML

El acceso a páginas Web se ha producido mediante dos tipos de navegadores: Internet Explorer y Mozilla Firefox. El resultado ha sido para los dos el mismo.

Tabla A5.19. Descarga de ficheros HTML comprimidos

Tipo fichero	Tiempo [s]	Tamaño REAL	Tamaño RED	Compresión
Index.html	3.309	0.416	0.152	63%
Pruebas.html	3.929	1.156	0.821	28%
Procedimientos.html	4.184	1.451	0.993	31%
Imagenes.html	4.824	0.591	0.293	50%
Base de datos.html	7.771	2.957	2.003	32%

Cuanto más ocupan las páginas el tiempo de acceso se va incrementado. Aunque si las páginas ya han sido visitadas y éstas se guardan en la caché, el acceso es casi instantáneo.

Como se observa en la tabla anterior el rango de compresión es variable y dispar. Se ha alcanzado una tasa de compresión máxima de hasta un 63% y una mínima de 28%. De todas formas, se destaca que las pruebas han sido realizadas en un entorno con poca cobertura. Al estar en un entorno no favorable a la cobertura TETRA, el terminal IP se desconectaba con facilidad y esto producía que a la hora de realizar las pruebas se hayan tenido que realizar múltiples conexiones.

- Páginas con ficheros de txt

Tabla A5.20. Descarga de ficheros txt vía HTML

Tipo fichero	Tiempo [s]	Tamaño REAL	Tamaño RED	Compresión
Prova1.txt	3.675	0.440	0.382	13%
Prova2.txt	4.105	1.282	1.217	5%
Prova3.txt	3.748	2.600	2.524	2%
Prova4.txt	3.991	3.732	3.644	2%
Prova5.txt	4.273	4.506	4.411	2%
Prova6.txt	4.066	5.988	5.869	1%
Prova7.txt	4.131	6.831	6.702	1%
Prova15.txt	4.196	15.204	15.054	1%

La compresión en ficheros txt es viable. Como se puede observar en la gráfica de abajo. Se obtiene una compresión exponencial decreciente en función del tamaño del archivo. Cuando el tamaño del archivo es mayor la compresión también lo es y viceversa.

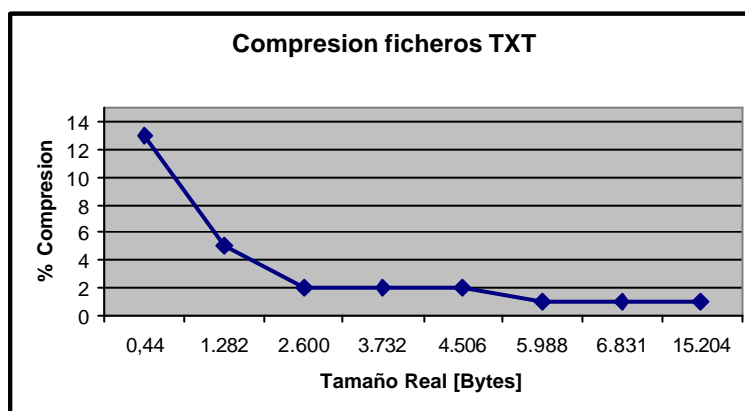


Fig. A5.14 Compresión de ficheros txt según el tamaño de éstos en modo HTML

- Página con ficheros en formatos: doc, pdf y txt.

En esta prueba se ha pretendido demostrar que la descarga de un mismo fichero en diferentes formatos no presenta el mismo comportamiento. Pues depende del formato un mismo contenido puede ocupar más o menos.

Tabla A5.21. Descarga de ficheros de contenido idéntico en formatos distintos vía HTML

Tipo fichero	Tiempo [s]	Tamaño REAL	Tamaño RED	Compresión
Aeros.txt	9.049	3.642	2.838	49%
Arrancar Sherpa.txt	22.552	8.960	5.912	34%
Log de Xarxa.txt	10.087	12.504	11.053	11%
Serv. OEMF.txt	6.359	2.133	1.325	37%
No comprimibles	Tiempo [s]	Tamaño REAL	Tamaño RED	Cabecera
Aeros.pdf	111.480	30.134	27.62	0.08%
Aeros.doc	99.732	27.136	26.487	0.02%
Arrancar Sherpa.pdf	166.906	45.339	43.492	0.04%
Arrancar Sherpa.doc	126.060	39.424	38.493	0.02%
Log de Xarxa.pdf	134.386	45.580	43.082	0.05%
Log de Xarxa.doc	145.243	47.104	45.993	0.02%
Serv.OEMF.pdf	228.664	33.484	32.600	0.03%
Serv.OEMF.doc	102.822	24.064	23.489	0.02%

Al realizar estas pruebas se ha visto la imposibilidad de comprimir archivos en formato doc y pdf. De igual manera un mismo fichero txt con el mismo contenido que uno en formato doc y pdf, ocupa menor tamaño. Por tanto se recomienda la descarga de ficheros en formatos reducidos, formatos txt. De todas formas, al realizar las pruebas se ha observado que la compresión de los ficheros en formato doc y pdf es bastante ineficiente por parte de Apache. Estos ficheros de entrada ya están comprimidos y Apache únicamente puede reducirlos reduciendo levemente sus datos de cabecera (datos de información, no útiles), entre un 0.02 % y un 0.08 %. En cambio con los ficheros txt, como ya se ha comprobado anteriormente, se pueden obtener compresiones bastantes grandes.

- **Página con imágenes**

Tabla A5.22. Descarga de imágenes idénticas en distintos formatos vía HTML

No comprimibles	Tiempo [s]	Tamaño REAL
Dibujo.bmp	426.268	133.758
Dibujo.gif	26.172	4.450
Dibujo.jpg	65.579	14.290

Al igual que con los ficheros en formato doc y pdf, las imágenes ya tienen aplicadas un tipo de compresión específico y este no es comprimible por Apache. De todas formas, se ha comprobado que un mismo fichero en formato gif ocupa menos que en formato jpg y éste a su vez ocupa menos que en formato bmp. Por tanto se recomienda que en TETRA se emplee la descarga de ficheros en formato gif, debido al poco tamaño que presentan.

A.5.2.2. Acceso FTP

Al igual que con las pruebas vía HTTP, la descarga de estos ficheros produce buenos resultados. Aun así se ve una mejora respecto a la compresión que ofrece Apache. Aquí la compresión es mucho más buena produciéndose como máximo una compresión del 99.06 % incluso para ficheros de texto de un tamaño bastante considerable.

Tabla A5.23. Descarga de ficheros txt vía FTP

Normal			Compresión con servidor Filezilla			
Bytes	tiempo	velocidad	% reducción	tiempo	velocidad	Tipo
440	1,78	2000	64, 376 de 440 Bytes (85.46%)	1	2400	Prova1.txt
2600	7.63	2720	82, 2518 de 2600 Bytes (96.85%)	1	2820	Prova3.txt
6831	26,06	2080	132, 6699 de 6831 Bytes (98.07%)	1	2000	Prova7.txt
15200	70,16	1760	143, 15061 de 15200 Bytes (99.00%)	1	2410	Prova15.txt

- **Descarga ficheros en formatos: doc, pdf y txt.**

Tabla A5.24. Descarga de ficheros diferentes formatos vía FTP

Tipo fichero	Tiempo [s]	Tamaño REAL	Tamaño RED	Compresión
Aeros.txt	6	3.642	1.809	50.33%
Arrancar Sherpa.txt	10	8.960	3.029	66.20%
Log de Xarxa.txt	5	12.504	1.456	88.36%
Serv. OEMF.txt	2	2.133	0.814	61.84%
Aeros.doc	10	27.136	4.268	84.28%
Arrancar Sherpa.doc	28	39.424	6.935	83.68%
Log de Xarxa.doc	12	47.104	4.034	91.44%
Serv.OEMF.doc	8	24.064	2.978	87.63%

El modulo de comprimir del servidor Filezilla permite comprimir notablemente y con un nivel mayor todo tipo de ficheros. Así la compresión de ficheros txt y doc puede llegar a compresiones muy altas con tiempos de descarga bajos como se puede observar en la tabla precedente. Situación que no ocurre cuando la descarga es vía HTTP, en la cual solo se pueden comprimir satisfactoriamente ficheros en formato txt.

Sin embargo, los archivos en formato pdf tampoco se pueden comprimir. Al intentar aplicar la compresión que emplea el servidor Filezilla solo se pueden bajar unos 12.8kbytes de fichero. Los ficheros en pdf, suelen ocupar más de 20kbytes por tanto el proceso de descarga es interrumpido, por el servidor. Llegándose incluso a cortar la conexión.

Se ha realizado una prueba bajándose un archivo pdf que no contiene contenido (pagina en blanco) y el resultado ha estado el siguiente:

Tabla A5.25 Descarga fichero en pdf

Tipo fichero	Tiempo [s]	Tamaño REAL	Tamaño RED	Compresión
Archivo.pdf	6	3.414	1.770	48.16%

Por tanto se comprueba que la compresión en Filezilla es posible y optima. Pero debido al tamaño que suelen tener los ficheros pdf (más de 20kbytes) no es posible realizar la compresión.

De todas formas si se produce la descarga de ficheros pdf, desactivando la compresión que emplea el servidor Filezilla, estos son los resultados:

Tabla A5.26 Descarga FTP de archivos pdf pero sin MOD Z.

No comprimibles	Tiempo [s]	Tamaño
Aeros.pdf	142.2	30.134
Arrancar Sherpa.pdf	138	45.339
Log de Xarxa.pdf	136.2	45.580
Serv. OEMF. pdf	186	33.484

El tamaño de los ficheros es grande y el tiempo de descarga también. Por ejemplo el fichero "*log de xarxa.doc*" que ocupaba unos 47 kbytes el tiempo de descarga se realizaba con tan solo unos 12 seg. Ahora con el mismo fichero en formato pdf el tiempo de descarga al no aplicarse la compresión es aproximadamente 11.35 veces mayor.

- **Descarga de imágenes**

Los ficheros de imágenes con la compresión MOD Z también pueden ser comprimidos. Se observa que a mayor tamaño de fichero, mayor es la compresión. Esto provoca que se puedan obtener imágenes de gran tamaño, como son imágenes en formato bmp, rápidamente.

Tabla A5.27 Descarga de imágenes mediante FTP

No comprimibles	Tiempo [s]	Tamaño REAL	Tamaño RED	Compresión
Dibujo.bmp	72	133.758	15.031	88.77%
Dibujo.gif	12	4.450	4.278	12.90%
Dibujo.jpg	34	14.290	12.447	3.87%

A continuación, como prueba final de la eficacia y mejora que introduce el modulo de compresión MOD Z empleado por Filezilla, se han descargado varios ficheros en distintos formatos con la compresión activa y desactivada.

Tabla A5.28 Comparación descarga diversos ficheros en FTP con compresión y sin.

Ficheros	Tiempo [s]	Tiempo con MOD [s]	Tamaño REAL	Reducción tiempo por:
Dibujo.bmp	372	72	133.758	5.16
Dibujo.jpg	71	34	14.290	2.01
Prova3.txt	8	1	2.600	8
Aeros.doc	81.6	10	27.136	8.16

El tiempo con el modulo compresor es mejorado en un rango de entre 2.01 y 8.16 sobre el tiempo de descarga sin el modulo.

CONCLUSIONES APLICACIONES ESTÁNDAR

Las conclusiones de las pruebas realizadas sobre HTTP y FTP se pueden ver resumidas en la tabla siguiente.

Tabla A5. 29 Comparación resultados obtenidos en aplicaciones estándares

Tipos ficheros	HTTP	FTP
Fichero HTML	Tiempo descarga entre 3-8 seg. Visualización más rápida gracias al caché del navegador: 1seg	-----
Fichero txt	Compresión entre 1-49%. Con tiempo de acceso más o menos constante de unos 4seg-9 seg. Variable según tipo conexión.	Compresión del +/- 95% aprox. Con tiempo de acceso de 1 seg.
Fichero doc	No permite la compresión. Solo reducción de un 0.02%-0.08% en los datos de cabecera.	Compresión media del 86.75 % con tiempos de acceso de 8-28 seg.
Fichero pdf	No permite más compresión con el módulo Deflate.	Compresión pero limitación en el tamaño. (ficheros pdf mayor de 20kbytes)
Fichero jpeg	Fichero de tamaño medio en comparación con bmp y gif. No permite más compresión con el modulo Deflate.	Ficheros de tamaño medio pero que permite compresión mínima de 3.87% y tiempo de acceso de 34 seg.
Fichero gif	Fichero de tamaño mínimo. No permite más compresión con el modulo Deflate.	Fichero de tamaño menor en comparación con bmp y jpeg, con compresión media del 12.90% y tiempo de descarga de 12seg.
Fichero bmp	Fichero de tamaño mayor que los gif y jpeg. No permite más compresión con el modulo Deflate.	Compresión mayor, del 88.7% y tiempo de acceso de 72 seg.

ANEXO 6. Terminal MDT- 400

El terminal Teltronic elegido es el modelo MDT-400 de clase A, que soporta datos en modo paquete. Que trabaja en la banda de 380-400 MHz (UN-28) y 410- 430 MHz. Con una potencia de entre 3 a 10 W. Un ancho de banda (RX/TX) de 20 MHz, sensibilidad estática/dinámica de entre -112/-103 dBm, con alimentación a 13.2 Vdc (nominal) y un consumo de 5 A (para 10 W TX RF).

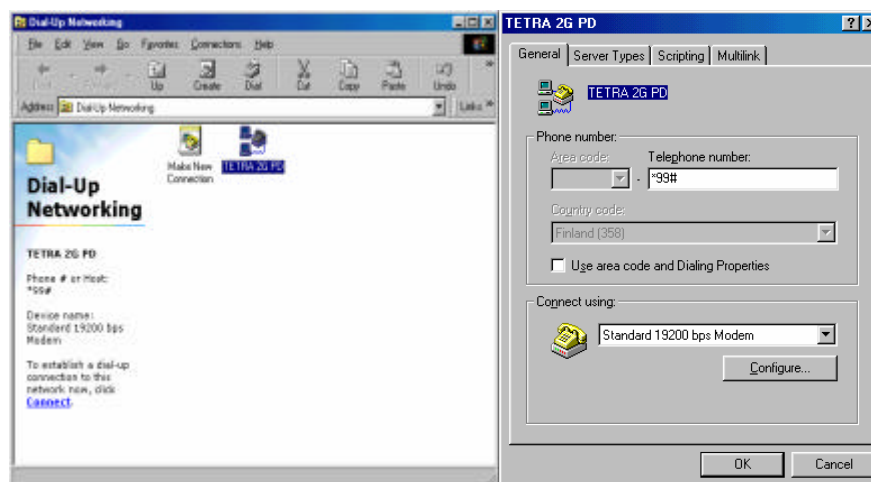


Fig. A6.1. Terminal TA

A.6.1 Conexión terminal

Para que este terminal funcione en modo IP, se ha de crear un módem estándar 9600 (8,N,1)

Después se han de configurar las ventanas que surgen tal como sigue:



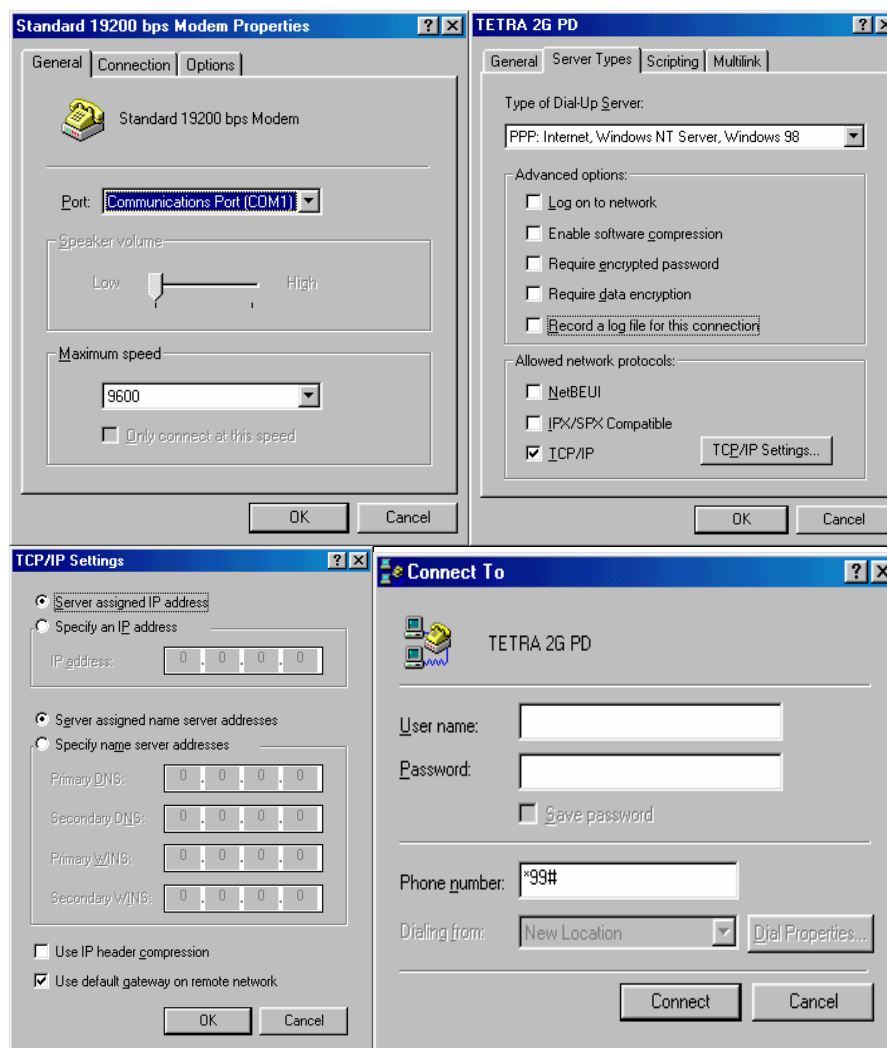


Fig. A6.2. Ventanas de configuración conexión

Dar al botón conectar y la conexión se realizará.



Fig. A6.3. Conexión establecida

ANEXO 7. Configuración parámetros del servicio de datos en TETRA

Después de realizar las pruebas de IP sobre TETRA se han pensado que los parámetros de la red podrían estar produciendo diferencias entre los conmutadores e impidiendo que el servicio de datos no funcione de manera optimizada ni de manera igual en todas las zonas.

Los parámetros del servicio de datos de la red TETRA en estudio, son definidos en los conmutadores de la red. Esto parámetros son enviados a la TBS cuando están en pleno funcionamiento o cuando son reseteadas.

La manera de obtenerlos es a través de un MMI (Man Machine Interface) usando lenguaje MML (Man Machine Language).

Se ha realizado una comparación entre los parámetros de cada computador y se ha detectado que entre los 134 parámetros que hay, existen pequeñas diferencias que podrían estar provocando diferencias en el comportamiento frente al envío de datos en los conmutadores de las zonas 1, 2 y 3 estudiadas. Faltaría una cuarta zona por haber estudiado, pero esta presenta el mismo comportamiento que la zona 1.

Tabla A7.1. Tabla comparativa de parámetros

ID Nombre parámetros	Valores zona 1	Valores zona 2	Valores zona 3	Valores zona 4
119 Allowed encryption methods	1	5	5	1
30 Authentication and encryption	0	0	2	0
31 Authentication situations	0	2	2	0
52 pd – maximum transmission units	4	2	2	4
58 pd - number of segment retransmissions	3	2	2	3
55 pd - ready timer	7	8	8	7
54 pd - standby timer	12	11	11	12

A continuación se describirá el significado de estos parámetros:

Allowed Encryption methods: Este parámetro especifica el método de encriptación usado en la red. El parámetro contiene algoritmos de encriptación que son usados en el sistema en llamadas individuales y de grupo. Por defecto tiene el valor 1.

En la tabla comparativa (Tabla A7.1) se ve que hay valores de 5 en las zonas 2 y 3. Esto es posible porque el rango de valores soportado por este parámetro está comprendido entre 1 y 13.

Los valores representan:

1 = (only clear allowed)

2 = (TEA1)

3 = (clear + TEA1)

4 = (TEA2)

5 = (clear + TEA2)

6 = (TEA1 + TEA2)

7 = (clear + TEA1+TEA2)

8 = (TEA3)

9 = (clear + TEA3)

10 = (TEA1 + TEA3)

11 = (clear + TEA1 + TEA3)

12 = (TEA2 + TEA3)

13 = (clear + TEA2 + TEA3)

Si se cambian empiezan a ser efectivos a partir de la próxima llamada.

Authentication and encryption: Este parámetro especifica si la autenticación y encriptación funcionan o no. Los valores están comprendidos entre 0, 1 o 2.

0= autenticación off, encriptación off

1= autenticación on, encriptación off

2= autenticación on, encriptación on

El valor en todas las zonas, exceptuando en la zona 3 que es de 2, es de 0.

En el caso que se decida cambiar, el cambio se hará después del máximo tiempo de refresco, que después de la comparativa se ha observado que en todas las zonas es de 5 min. (el rango de este parámetro es de 1 a 60 min).

Authentication situations: Este parámetro especifica en que situaciones se han de autenticar los suscriptores durante los registros en la red.

Los valores pueden estar comprendidos entre:

0 (=mínimo numero de autenticaciones) (parámetro por defecto)

1 (=numero intermedio de autenticaciones)

2 (=numero máximo de autenticaciones)

Las zonas 1 y 4 tienen este parámetro con el valor 0, el resto a valor 2.

Este parámetro esta relacionado con los descritos anteriormente. Si el valor es 2 se proporciona mayor seguridad. En cambio, un valor menor, reduce carga en la red y hay menos seguridad.

Así el valor de este parámetro toma efecto si la autenticación es activada por el parámetro *"Authentication and Encryption"*. El valor de este parámetro se lee periódicamente y el intervalo es definido por el parámetro del sistema *"Cc parameter refresh period"*. Los cambios en el valor del parámetro son forzados, después del periodo de lectura, para cada registro posterior.

Tal y como se ha podido observar, estos tres parámetros están relacionados

entre si, junto a otro parámetro como es el “*cc parameter refresh period*”.

Pd-maximum transmission unit: Este parámetro define la unidad máxima de transmisión (MTU), que es, el máximo tamaño de un datagrama IP que puede ser enviado a través del sistema TETRA sin fragmentación en modo subida (Uplink). En modo bajada (downlink) la fragmentación siempre se hace en fragmentos de 1500 bytes.

El rango de valores es de 1 a 5.

1= 296 bytes
2= 576 bytes
3=1006 bytes
4= 1500 bytes
5= 2002 bytes

Una vez cambiado este parámetro el cambio es efectivo. En la zona 1 y 4 el valor es de 1500 bytes y en las zonas 2 y 3 es de 576 bytes.

Este parámetro, además, está relacionado con el parámetro: “*Pd-maximum length of tl-sdu*”, que define la máxima longitud de un tl-sdu (service data unit) en el enlace avanzado. El valor en todas las zonas es de 2048 bytes. Los datagramas IP son llevados por el aire con el tl-sdu. En principio, la longitud de este tl-sdu debe ser más larga que la MTU usada en el interfaz aire. Según la configuración actual esto se cumple.

Pd-number of segment retransmissions: Este parámetro define cuantas veces se ha retransmitido un datagrama IP incorrectamente por el interfaz radio. El rango de valores es de 0 a 15, con incrementos de 1.

Según la tabla comparativa (Tabla A7.1), los valores son para la zona 1 y 4, de 3 y para las zonas 2 y 3, de 2.

Se podría tomar un valor de 3 para todas las zonas, ya que se supone que al aumentar el valor de este parámetro las perdidas se reducirán aunque existan condiciones de cobertura bajas.

Pd-ready timer: Este parámetro controla los tiempos reservados para cada transmisión de datos.

El rango de datos es de 1 a 14 con incrementos de 1 segundo.

1= 200 ms (default)
2= 500 ms
3= 700 ms
4= 1 sec
5= 2 sec
6= 3 sec
7= 5 sec
8= 10 sec
9= 20 sec
10= 30 sec
11= 60 sec

12= 120 sec
 13= 180 sec
 14= 300 sec

Las zonas 1 y 4 presentan un valor 5 segundos y las zonas 2 y 3 de 10 segundos.

En la figura (Fig. A7.1) se puede observar mejor el significado de este parámetro.

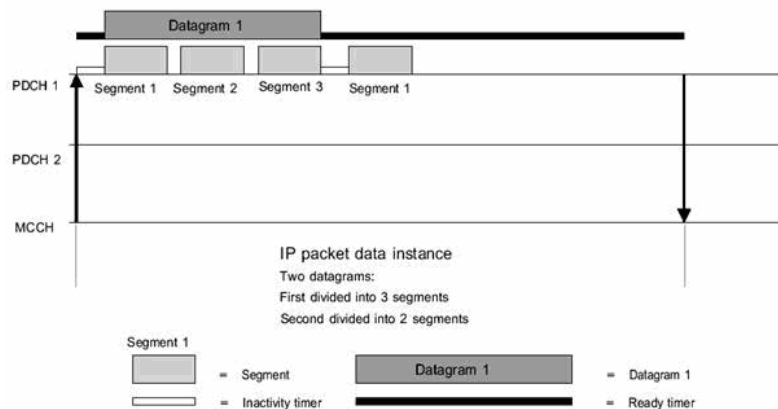


Fig. A7.1 Parámetro Ready Timer

Además esta relacionado con otro parámetro denominado: "Pd-inactivity timer". Este parámetro controla el tiempo máximo entre dos segmentos consecutivos "Advanced Link" cuando el terminal radio está enviando datos en el canal de paquetes de datos (PDCH). En todas las zonas este valor es de 6, equivalente a 3 segundos.

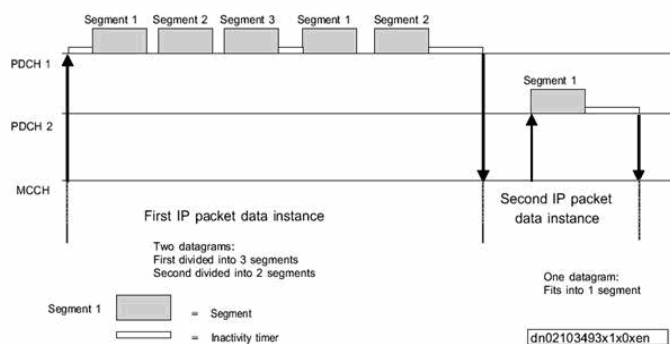


Fig. A7.2 Parámetro Inactivity timer

Tal y como se ven en las figuras, cada vez que se intenta enviar un datagrama y se ocupa el canal de datos, el inactivity timer se activa. Para transferencias de subida (uplink), cuando el primer segmento de un datagrama IP es recibido por el sistema, este timer se para y cuando se ha recibido el ultimo segmento el timer se activa otra vez. Para transferencias de bajada (downlink), se aplica el mismo principio, pero además cuando el sistema TETRA recibe un

acknowledgement de que los segmentos han sido recibidos por la estación base TETRA, se reinicializa el timer. De esta forma el terminal solo puede estar inactivo en el canal de datos (PDCH) durante la duración del “*inactivity timer*”, 3 segundos. Después cuando la transmisión finaliza el terminal se mueve hacia el canal de control (MCCH).

El “*ready timer*” es usado como backup porque si el último segmento que se transmite en modo subida se pierde en el interfaz aire, el “*inactivity timer*” nunca será activado y por lo tanto el terminal radio podría estar siempre en el canal de datos (PDCH).

Así el valor del “*ready timer*” necesita ser siempre mayor que el valor del “*inactivity timer*” y se establece cuando el paquete de datos se inicializa o resetea, cada vez que un datagrama IP es enviado o recibido entero.

Por tanto, la configuración de las zonas en principio es la apropiada ya que representan un valor de “*ready timer*” de 5s y 10s, mayor al “*inactivity timer*” que es de 3 seg.

Pd-standby timer: Este parámetro especifica cuanto tiempo pueden permanecer en standby un terminal radio y un conmutador. El valor por defecto es de 12, equivalente a 24 horas. En el caso de las zonas 2 y 3 es de 11, equivalente a 12 horas.

Según las recomendaciones del fabricante de la red, los valores recomendados son:

1= 10 segundos (mínimo)
15= máximo para siempre. (standby timer no iniciado)
12= 24 h (default)

Descritos estos parámetros solamente comentar, que éstos y quizás otros más, pueden resultar críticos para el buen funcionamiento del servicio de datos. Hasta ahora, debido a que la red no se había empleado para datos no se habían tenido muy controlados, pero a partir de ahora esto debería de cambiar pues existen comportamientos heterogéneos según la zona. Se debe intentar optimizar el funcionamiento del servicio de datos haciendo un estudio riguroso de todos los parámetros, no solo de los que son diferentes, y homogeneizar su comportamiento en todas las zonas.

ANEXO 8. Esquema de los componentes

A continuación se muestran las conexiones disponibles en algunos de los componentes que forman el sistema.

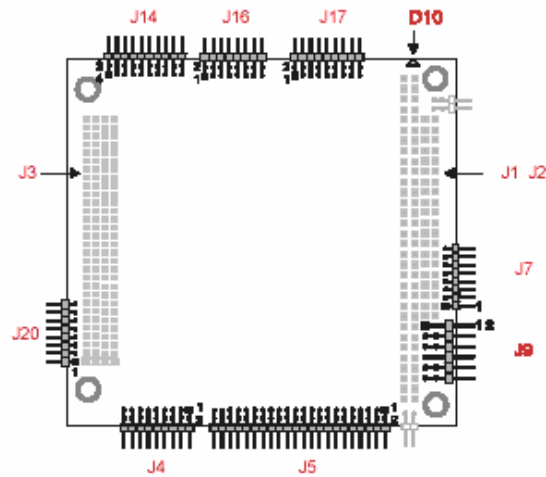


Fig. A8.3 Esquema de conexión CPU-1451

Tabla A8.2 Especificación conectores CPU-1451

Connector	Function	Qty of pins	Format	Pitch (mm)
J1-J2	ISA BUS (Bottom Side Only)	-	-	-
J3	PCI BUS (Bottom Side Only)	-	-	-
J4	Multifunction, VGA	18	9x2	2.00
J5	IDE/DOM	44	22x2	2.00
J7	USB 2.0 (Ports 5 and 6)	8	8x1	2.00
J9	Aux. power	12	6x2	2.54
J14	USB 1.1 (Ports 1 and 2), AUDIO CODEC	20	10x2	2.00
J16	USB 2.0 (Ports 1..4)	16	8x2	2.00
J17	Serial Ports 1and 2	18	9x2	2.00
J20	Fast Ethernet (10/100Mbps)	8	8x1	2.00

A partir de los conectores que se observan en el CPU-1451 se conectarán los siguientes elementos:

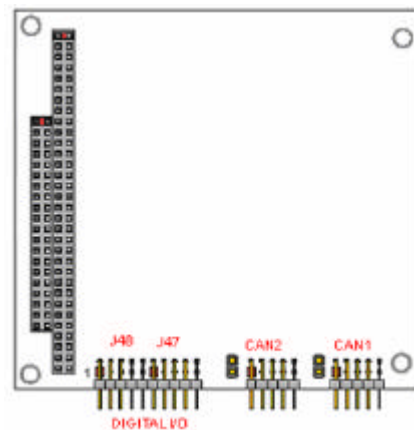


Fig. A8.4 Esquema de conexión módulo COM-1273 CAN

Tabla A8.3. Especificación conectores módulo COM-1273 CAN

Connector	Function	Page
J1-J2	ISA BUS (PC/XT)	
J47, J48	Digital I/O Connector	
CAN1	CAN channel #1	
CAN2	CAN channel #1	

El módulo CAN recibirá los datos del vehículo a través de los dos canales disponibles en él, posteriormente los enviará hacia el CPU-1451 a través de los conectores J1-J2 del ISA BUS.

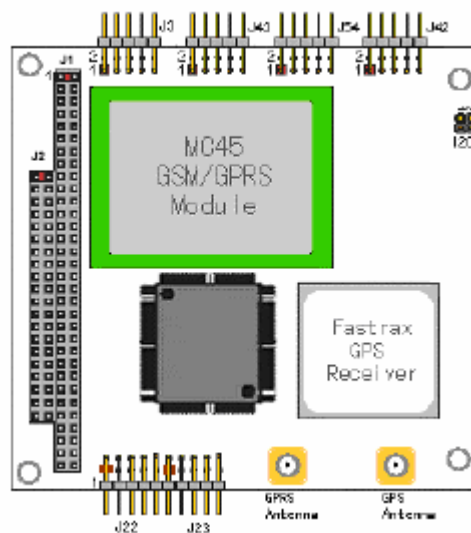
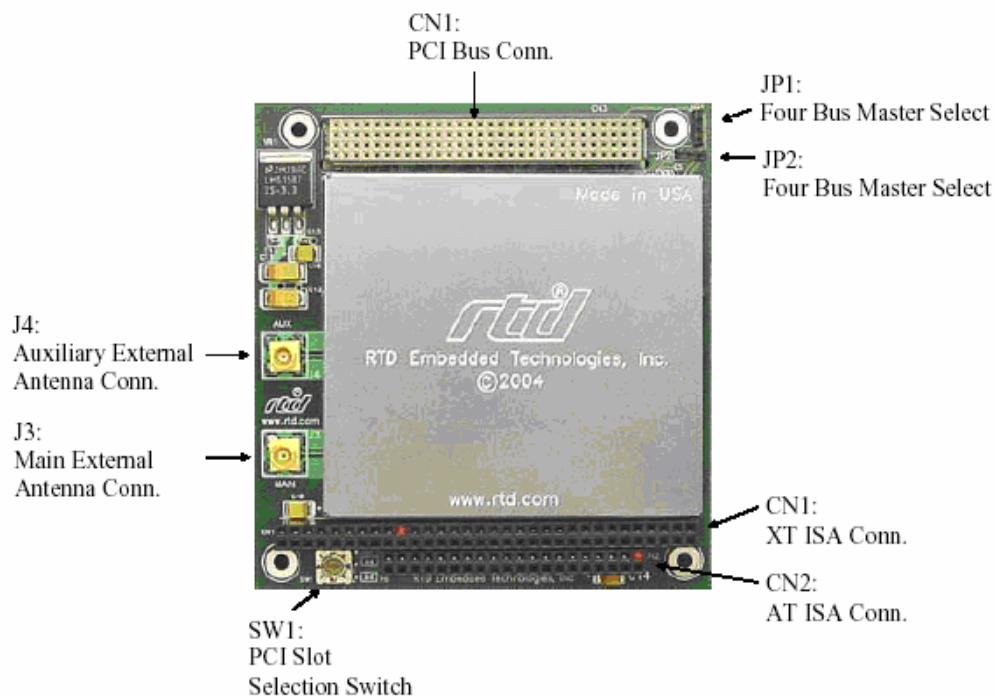


Fig. A8.5. Módulo GSM/GPRS y receptor GPS COM-1288

Tabla A8.4. Especificación de los conectores COM-1288

Connector	Function
J1-J2	ISA BUS (PC/XT)
J22, J23	Digital I/O Connector
GPS	GPS Antenna connector
GPRS	GPRS Antenna connector
I2C	I2C expansion bus
J42	External SIM-interface (option)
J54	Audio headset connector
J43, J3	RS-232 Serial port connectors

El módulo COM-1288 se conectará a el CPU-1451 a través del ISA BUS en conectores J1-J2.

**Fig. A8.6** Esquema de conexión modulo Wireless LAN

Finalmente, el modulo de Wireless LAN y Bluetooth se conectarán a través del bus PCI de comunicaciones al conector J3 del CPU-1451.